



ROBERTO BRASERO

**LA INFLUENCIA
SILENCIOSA**

Cómo el clima
ha condicionado la historia



Índice

Portada

Sinopsis

Dedicatoria

INTRODUCCIÓN

PRIMERA PARTE. La influencia decisiva

1. LA MÁQUINA DEL TIEMPO
2. EL CLIMA DE LOS DINOSAURIOS
3. ESTA TIERRA ES UN INFIERNO
4. LA VIDA EN UN MUNDO GÉLIDO

SEGUNDA PARTE. La influencia silenciosa

5. EL GRAN CALENTAMIENTO
6. ARIDEZ Y CIVILIZACIÓN EN MESOPOTAMIA
7. GRECIA Y ROMA, O LA VIDA AL AIRE LIBRE
8. CALOR EN LA EDAD MEDIA
9. EL REINO DE LOS PASTORES
10. LOS PUENTES ROMÁNICOS
11. VIKINGOS EN GROENLANDIA
12. LA PEQUEÑA EDAD DE HIELO
13. EL VIAJE DE COLÓN
14. CUANDO SE HELABAN LOS RÍOS

15. EL COMERCIO DE LA NIEVE
16. TORMENTAS INVENCIBLES
17. EL SECRETO DE LOS VASCOS
18. ALEMANES EN SIERRA MORENA
19. IRLANDESES EN AMÉRICA
20. EL AÑO SIN VERANO

TERCERA PARTE. La influencia humana

21. EL CLIMA DEL SIGLO EN QUE NACISTE
22. UNA NUEVA ERA
23. CONSECUENCIAS: EL CALOR QUE TENEMOS
24. EL CALOR QUE VIENE
25. OLAS DE FRÍO EN LA ERA DEL CALENTAMIENTO
26. LA INFLUENCIA SIGUE: EL PRECIO DE LA LUZ
27. LO QUE PODEMOS HACER

BIBLIOGRAFÍA

Créditos

LA INFLUENCIA SILENCIOSA
Cómo el clima ha condicionado la historia
Roberto Brasero

Diseño de cubierta: © Juan Pablo Cambariere

Ilustraciones de interior: © Designua – Shutterstock; © Hoz; © Carles Salom; © Juan Antonio Bermejo; © Manuel Durán; © NOAA / NHC; © AEMET; © Familia Martín R.; © EFE; © Marta Marpel – Shutterstock; © Biblioteca Ambrosiana / De Agostini / Album; © Merche Portu – Getty Images; © Ignacio Icke – Wikipedia; © Album; © Atiger – Shutterstock; © Alicia Gutiérrez; © Alba Dueñas; ® Illustrated London News Ltd/Mary Evans/age; © Shutterstock; © NOAA; © GISS NASA; © NASA; © Nahorski Pavel / Shutterstock.

 CREATIVE COMMONS

© Roberto Brasero, 2017

© Espasa Libros, S. L. U., 2017

Avda. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)

www.espasa.com

www.planetadelibros.com

Primera edición en libro electrónico (epub): Junio de 2017

ISBN: 978-84-670-5038-7 (epub)

Conversión a libro electrónico: Safekat, S. L.

El cambio climático es el tema de nuestro tiempo y preocupa a científicos, políticos y ciudadanos por igual. Pero a lo largo de la historia del planeta se han sucedido los cambios climáticos como parte natural de la evolución de la naturaleza y de las especies.

El libro se divide en tres partes: una primera, histórica, donde se cuenta cómo el clima se ha enfriado y calentado a lo largo de la prehistoria y de la historia y cómo esos cambios han afectado a las especies y al hombre. La segunda parte habla del presente, de la situación climática actual. Roberto Braseró maneja mucha información y desmiente muchas veces las predicciones apocalípticas sobre el calentamiento global. Por último, la tercera parte hace una proyección de lo que puede ocurrir en el futuro, dando voz tanto a los preocupados como a los escépticos del cambio climático.

Para Beatriz

INTRODUCCIÓN

Los padres juegan con sus hijos a tirarse bolas de nieve. Otros intentan levantar un muñeco de nieve al que le pondrán de nariz una zanahoria que han traído de casa. El resultado no es muy satisfactorio: unos y otros tienen mucha más experiencia construyendo castillos de arena. Los niños han faltado hoy al colegio porque se trata de un día especial y los papás y mamás llegarán tarde al trabajo, pero la ocasión merece la pena. Ninguno de ellos había visto antes nevar aquí de esta manera. Estamos en la playa del Arenal de Jávea, localidad alicantina del litoral mediterráneo de la península ibérica. Hoy es 18 de enero de 2017 y hace treinta y cuatro años que no cuajaba la nieve sobre la arena de esta playa. Hacia el norte y el sur, siguiendo la línea de la costa, se repiten las mismas escenas: en las playas de Denia o de Calpe, en las de Orihuela o Campoamor, no veían nevar desde hace varias decenas de años; en las de Torrevieja desde hace más de cien. Pero lo que a comienzos del siglo XXI es todo un acontecimiento no era tan raro cinco siglos antes. En el XVI nevó cinco veces en Valencia capital; una de ellas también un 18 de enero, por cierto. La playa y la fecha eran las mismas, pero el clima era otro: hace quinientos años España, como el resto de Europa, era un lugar más frío. Y en aquella época en que era habitual convivir con temperaturas más bajas, surgió también una industria que se aprovechaba del frío y las nevadas: el comercio de la nieve, cuyos vestigios quedan hoy en forma de los pozos de nieve que podemos encontrar diseminados por las sierras de muchas provincias de España. Si nos remontamos mucho más atrás, hasta hace unos 40.000 años, ver nevar a orillas del mar sería algo normal y frecuente en aquella Tierra donde reinaba el hielo y los hombres vivían en cuevas. Y era la misma Tierra que ahora, solo que el clima era diferente. Un clima que también influyó para que estos nuevos habitantes se movieran de un lado a otro, a la vez que facilitaba su tránsito tendiendo puentes congelados que pudieron aprovechar en sus primitivas migraciones. El distinto clima que en las diversas épocas le tocó

vivir al ser humano también tuvo consecuencias en la vida que desarrolló en cada una de ellas.

De eso trata este libro: vamos a hacer un viaje en el tiempo para descubrir el clima que les tocó vivir a nuestros antepasados y averiguar si pudo influir en su historia. No se trata tan solo de los acontecimientos puntuales que, mediatizados por las circunstancias meteorológicas, pudieron acabar desviando el curso de la historia hacia una senda determinada. Se trata de conocer el marco más amplio en el que esos acontecimientos tuvieron lugar, los distintos escenarios donde se representa la función que llamamos Historia, a cargo de ese director de atrezo que se llama Clima.

Cuando termine el lector de leer este libro habrá llegado a la conclusión de que en el clima lo único que permanece es el cambio. Está en su naturaleza: el clima es un puzzle cuyas piezas están buscando encajar constantemente y que, mientras lo consiguen, desencadenan los distintos elementos que acabarán configurando un determinado escenario natural.

Viajaremos en la primera parte de este libro hasta los orígenes de la Tierra, cuando no había vida ni siquiera atmósfera, cuando nuestro planeta era un infierno en ebullición. Este primer viaje nos llevará a conocer otros mundos muy distintos que existieron en este que ahora habitamos, como por ejemplo aquel de hace 2200 millones de años, en el que la Tierra pudo ser una enorme bola de nieve, casi al completo cubierta de hielo. Conoceremos el momento en que llegó la primera vida a los océanos y cómo a través de ellos pudo el oxígeno llegar a la atmósfera. Nos detendremos en el clima que tuvieron los dinosaurios, todo un festival de humedad y CO₂ donde los «lagartos terribles» fueron felices durante 135 millones de años; bastante más tiempo, por cierto, del que la especie humana lleva sobre el mismo planeta. Y con la llegada de nuestra especie terminará esta primera parte del viaje, dedicada a comprobar la decisiva influencia que los cambios climáticos del pasado remoto tuvieron en el devenir de la Tierra.

La segunda parte del libro comienza cuando el hombre empieza a tener protagonismo en la historia, y sus diferentes capítulos nos llevarán a recorrer los principales episodios de un pasado que aún nos puede parecer lejano. Con un calentamiento global que empezó hace unos 20.000 años la Tierra comenzó a poner fin al último máximo glacial, y el clima nos llevó al periodo de la historia geológica en el que aún estamos: el Holoceno, que comenzó hace unos 11.700 años. Pero, tras el gran calentamiento inicial y en un nuevo ejemplo de su constante fluctuación, el clima volvió a enfriarse hace unos 5500 años y se

volvió sobre todo más seco. Ante el avance del desierto, la humanidad buscó las zonas fértiles que aún resistían, y en torno a los grandes ríos puso en marcha su ingenio para garantizar la supervivencia: en el Indo, en el Nilo o entre el Éufrates y el Tigris surgen las primeras civilizaciones. A partir de aquí, el desarrollo de la humanidad, la suerte de los pueblos, sus culturas y sociedades, su economía... todo acabará siendo influido en cierta medida por aquellas condiciones naturales que siempre presentan oportunidades que se pueden aprovechar o dificultades a las que hay que enfrentarse. Quizá en este periodo no resulte ya tan evidente la influencia del clima, ni desde luego será un determinante único o absoluto. Pero en cada época de la reciente historia humana y en muchos de sus momentos cruciales, también el clima tendría siempre algo que aportar. Algunos de esos momentos serán los diferentes capítulos de este segundo viaje en el tiempo, destinado a comprobar la influencia silenciosa que pudo ejercer el clima para que pasaran de esa manera las muchas cosas que sucedieron entonces.

Una Roma abierta y expansiva no se entendería del todo sin las habitualmente cálidas temperaturas, más altas que las actuales, que acompañaron los años de esplendor del Imperio romano. Durante la Alta Edad Media, en torno al año 1000, se encadenaron varios siglos en los que predominaron los inviernos suaves y los duros temporales eran menos frecuentes. En ese periodo las buenas cosechas de cereales aseguraban el alimento y la población europea se triplicó; la superficie cultivable ganó terreno a los bosques y se podía hacer vino hasta en el sur de Inglaterra. Mientras tanto, los noruegos de Erik el Rojo colonizaron Groenlandia gracias a la ausencia de grandes hielos que dificultaran la navegación hacia el oeste. Las aguas del Atlántico norte eran menos frías porque el clima era más cálido —y viceversa—, y eso también influyó en que modificaran su hábitat especies como el bacalao, que buscaron otros mares que habitar y propiciaron el desarrollo de florecientes industrias pesqueras. Tras el Periodo Cálido Medieval, Europa conocería una nueva fluctuación climática que nos devolvería durante casi cinco siglos a condiciones más frías y de una gran variabilidad: duros inviernos de fuertes temporales se alternarían con años de intensa sequía o incluso algunos de calores extremos. Pero fueron sobre todo los años fríos, incluso alguno sin verano, los que protagonizaron la que ha sido denominada Pequeña Edad de Hielo, que abarca desde el siglo XIV hasta mediados del XIX. Ese fue el periodo en que no era tan raro ver nevar a orillas del mar o en que se helaban con frecuencia los grandes ríos: sobre las aguas del Támesis se podía instalar una feria que en algunos inviernos llegaba a estar más

concurrida que los teatros del centro de Londres. También en esa época, por ejemplo, se reforzó la economía de Rusia gracias a las masivas ventas de pieles que, procedentes de Siberia, abrigaban a los europeos más pudientes en esos años de intenso frío. En España el Ebro se helaba a menudo, incluso a la altura de Tortosa, a la vez que se sacaba partido del frío con el ya citado comercio de la nieve, surtiendo de hielo en verano a las grandes ciudades a través de unos oficios que ya se han perdido. Pero también en este periodo de inclemencias climáticas más frecuentes los europeos fallecen por miles de hambre, frío o enfermedades agravadas por las bajas temperaturas, y los colonos noruegos abandonan definitivamente Groenlandia, esa «tierra verde» a la que habían conseguido llegar unos siglos antes. Es igualmente la época en la que los españoles cayeron derrotados ante unos elementos que infligieron más bajas en la Armada Invencible que los cañones del enemigo inglés. Como estas, otras muchas escalas donde poder detectar la influencia silenciosa del clima nos esperan en nuestro segundo viaje en el tiempo.

El último de estos viajes nos devolverá al presente. La tercera parte del libro empieza en el siglo xx para conocer el clima del siglo en que posiblemente haya nacido el lector. Llegaremos al siglo xxi para recopilar los datos climáticos más actuales, y desde aquí nos proyectaremos hacia el futuro a través de las previsiones que los científicos realizan para un planeta que podría estar afrontando un nuevo episodio de calentamiento global. Sería uno más de los muchos que ha conocido a lo largo de su historia si no fuera porque, más allá de la variabilidad natural del clima, se apunta a la acción del hombre como causa del calentamiento. A través principalmente de la quema de combustibles fósiles y la emisión masiva de gases de efecto invernadero, por primera vez en la historia, la influencia podría ser esta vez del hombre sobre el clima. Esta será la escala final de nuestro tercer y último trayecto. Viajaremos hasta finales del xxi para encontrarnos un planeta que podría tener entre 1,5 °C y 4,5 °C más de temperatura media que antes de la era industrial. El origen de este calentamiento, la horquilla de posibilidades y sus respectivas consecuencias serán materia de debate en los capítulos finales. Mientras, en cada uno de los viajes que hayamos hecho al pasado y al futuro, en cada una de nuestras escalas, habremos conocido un poco más de los diferentes mecanismos que componen la maquinaria climática y su funcionamiento: la clave necesaria para conocer los distintos cambios y fluctuaciones que ha tenido el clima y aventurar los que aún tendrán que venir. Y si todo ha ido bien, al llegar al final de este tercer viaje, que es el

final del libro, quizá sintamos que, en realidad, el viaje no ha hecho más que empezar.

PRIMERA PARTE

La influencia decisiva

1

LA MÁQUINA DEL TIEMPO

Érase una vez un planeta que albergaba vida. Esta frase que acabo de escribir apenas ocupa media línea, pero se podría decir que es tan densa como el plasma de quarks. Un solo centímetro cúbico de esta materia, la más densa después de los agujeros negros, pesaría 40.000 millones de toneladas. Algo semejante ocurre con las ocho palabras que encabezan este párrafo: se necesitan muchos millones de años, una casualidad cósmica y una mezcla de gases muy concreta para que la Tierra pueda albergar vida tal y como la conocemos. Algo que, de momento, solo tenemos constancia de que ocurra aquí.

Los millones de años son los que fueron transcurriendo desde que se formó nuestro planeta —hace unos 4600 millones de años (Ma)— hasta que aparecieron las primeras células, después los primitivos organismos marinos y finalmente los vertebrados. La casualidad cósmica es el punto exacto que ocupa la Tierra en su sistema solar y que permite que en nuestro planeta, a diferencia del resto, pueda existir agua líquida, esencial para la vida. Ese punto se conoce en astrofísica con el nombre de zona de habitabilidad estelar: ni demasiado cerca del Sol, donde las temperaturas serían tan altas que solo podría existir agua en forma gaseosa, ni tan lejos de nuestra estrella que el agua solo pudiera estar congelada. Y, por último, esa particular mezcla de gases que es nuestra atmósfera, con la composición adecuada para garantizarnos oxígeno que respirar y mantener a la vez el termostato de la Tierra en una temperatura adecuada para que el aire, el agua y los seres vivos podamos existir en ella. La atmósfera y el océano conforman el sistema climático, que vendría a ser como el *atrezzista* de los escenarios donde se desarrolla la función que llamamos vida. Por eso, antes de seguir adelante, vamos a detenernos unos minutos en conocer cómo funciona la máquina del tiempo atmosférico, porque de la manera en que vayan encajando

sus piezas derivarán los distintos cambios climáticos que iremos viendo a lo largo de este libro.

Nuestra atmósfera

La Tierra no es el único planeta del sistema solar que tiene atmósfera, pero sí es el único en el que tenemos justo la que nos conviene, tanto por su densidad como por su composición. En Marte, por ejemplo, la atmósfera es tan ligera que la presión en superficie en el planeta rojo suele estar entre 7 y 9 hPa, frente a los 1013 hPa de la presión atmosférica a nivel del mar que se miden en la Tierra. Venus tiene una atmósfera más densa, pero está compuesta fundamentalmente de CO₂ —en un 96 %—, que contribuye a que la temperatura en su superficie supere los 450 °C. La de Urano, por su parte, está formada por hidrógeno, helio y hasta un 2 % de metano, que le infiere ese característico color verde azulado uniforme.

Sin embargo, la atmósfera terrestre se extiende unos cuatrocientos kilómetros «hacia arriba», pero el 75 % de su masa se encuentra en los doce primeros, lo que conocemos como «troposfera», que es donde se desarrollan la vida y la mayoría de los fenómenos meteorológicos. Al contrario que la de Marte, tiene la densidad suficiente para que resulte efectiva y, a diferencia de la de Venus y el resto de atmósferas del sistema solar, incluye oxígeno en su composición. En esa mezcla de gases esencial para la vida a la que antes me refería predomina el nitrógeno (un 78,08 %), seguido del oxígeno (20,94 %) y pequeñas cantidades de argón (0,93 %), además de otros gases, entre los que se encuentran los que llamamos Gases de Efecto Invernadero, en adelante GEI: dióxido de carbono, CO₂ (0,035 %), metano (0,000179 %) y vapor de agua en cantidad variable. Además de poder respirar gracias al oxígeno, la presencia en nuestro aire de los GEI permite mantener en la Tierra una temperatura media de unos 15 °C, y no los -18 °C en los que tendríamos que intentar vivir si no dispusiéramos del efecto invernadero.

El efecto invernadero

Para que cualquier máquina se ponga en funcionamiento necesita una fuente de energía y, en el caso de la dinámica atmosférica, ese motor es la radiación del

Sol.

El clima de la Tierra es una respuesta a la búsqueda de equilibrio entre la energía que recibe el planeta y la que emite de vuelta hacia el espacio. Si toda la energía que nos llega del Sol se marchase, la vida tal como la conocemos no sería posible, aparte de que los hombres del tiempo nos aburriríamos muchísimo: poco tendríamos que informar de un tiempo en el que apenas habría cambios. El mecanismo que impide que escape una porción de esa energía, logrando así que la temperatura media en nuestro planeta sea más elevada, se llama *efecto invernadero*. Y las piezas que lo forman son los gases así denominados, los GEI, principalmente el vapor de agua, el CO₂ y el metano.

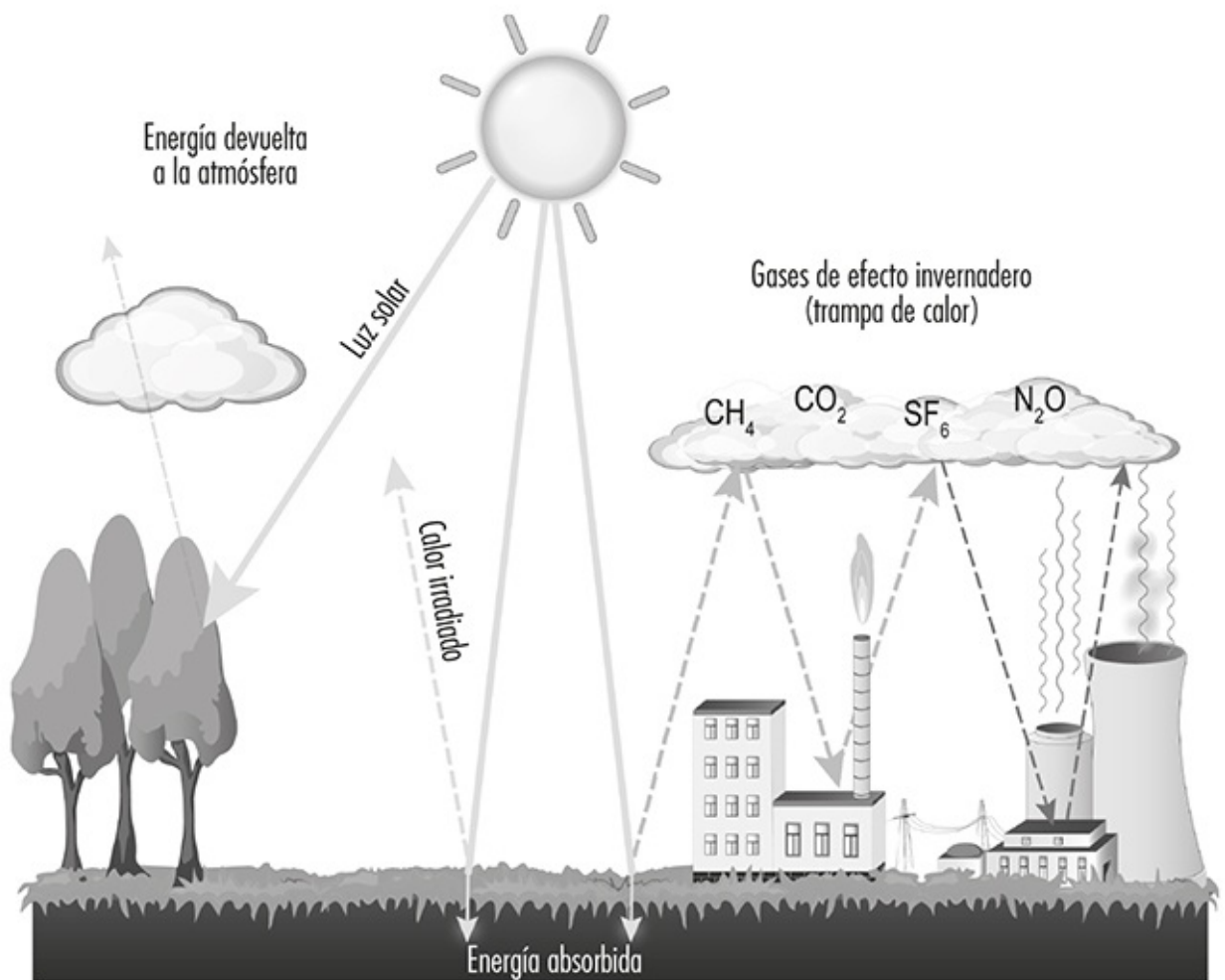
¿Cómo funciona este mecanismo? Por una mezcla de física y química. La energía que llega del Sol lo hace en forma de luz, cuya longitud de onda es corta. De esta manera puede atravesar la atmósfera y llegar hasta la superficie terrestre, ya que los GEI son permeables a la radiación de onda corta. Sin embargo, cuando la energía vuelve rebotada hacia el espacio lo hace en forma de calor o radiación infrarroja, que tiene una longitud de onda más larga, y esa sí puede ser atrapada por algunos de los gases presentes en la atmósfera, los mencionados gases de efecto invernadero.

Otro factor del que depende la mayor o menor cantidad de energía que pueda quedarse en la Tierra es el *albedo*, que nos indica la proporción de radiación solar que resulta directamente reflejada hacia el espacio. Esta reflectividad es distinta según la superficie de que se trate: la nieve, el hielo o la arena del desierto tienen mucho albedo, son altamente reflexivas, mientras que las nubes, los bosques o los océanos reflejan peor la radiación, con lo cual es mayor la cantidad que puede quedarse en el sistema.

Como puede haber deducido el lector, un cambio en estas piezas supondrá un cambio en el funcionamiento de la máquina. La variación en la cantidad de GEI presentes en la atmósfera supondrá un mayor o menor poder de captación de calor en la atmósfera y, en consecuencia, un calentamiento o un enfriamiento del clima. Y la variación del albedo total de la Tierra, debida a los cambios en las distintas superficies que constituyen el total del globo, también devendrá en un distinto balance energético al poder reflejar más o menos radiación. Cuanta más cantidad de hielo se extienda sobre el planeta, por ejemplo, menos calentamiento se inyectará en el sistema por ser mayor la cantidad de radiación devuelta al espacio. Y el calor que no se queda es calor que no calienta.

La radiación del Sol

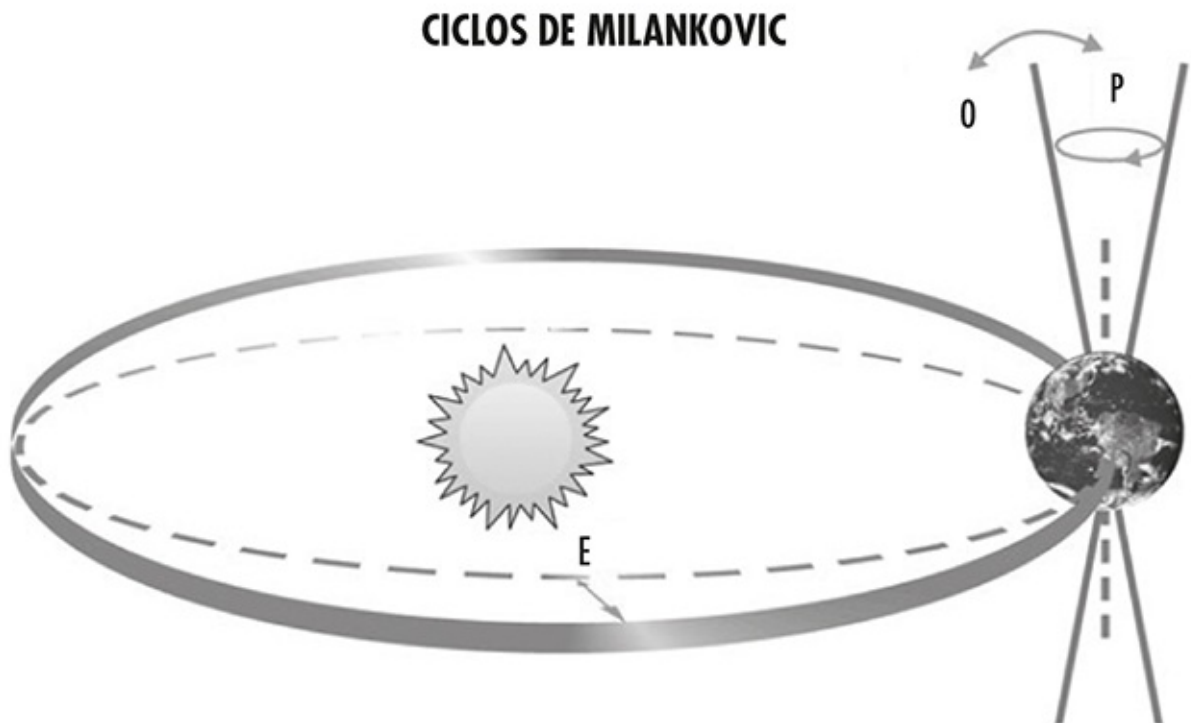
Los cambios climáticos pueden llegar, por tanto, a través de las variaciones en esa porción de energía que se queda atrapada en la Tierra. Pero otra manera de introducir cambios en la máquina climática es directamente desde la fuente de energía, es decir: a través de las variaciones en la radiación que nos llega del Sol. Como ya sabemos, la radiación solar no calienta de igual forma a todas las partes del planeta. El ecuador se calienta más que los polos, y de esa diferencia es de la que surgen las distintas compensaciones o mecanismos de igualación en busca del equilibrio térmico que acaban produciendo un tiempo distinto: el juego de los anticiclones y borrascas. También la manera en la que incide el Sol sobre la Tierra es distinta a lo largo del año, debido al movimiento de traslación y a la inclinación de su eje: de ahí surgen las distintas estaciones en ambos hemisferios.



Cómo se produce el efecto invernadero.

Pero además, en periodos mucho más largos, de decenas de miles de años o incluso varios cientos de miles, también varía la cantidad de radiación solar que llega hasta nuestro planeta. Las causas de estas variaciones son tres, que pueden solaparse entre ellas. Una son los cambios en el recorrido de nuestro planeta alrededor del Sol, que cada 100.000 años dibuja una órbita un poco más excéntrica; otra es la modificación de la inclinación de su eje de rotación, u oblicuidad, que va variando cada 41.000 años; la tercera es cierto «cabeceo» que caracteriza a ese eje, que supone cambios en la relación de los equinoccios y los solsticios con respecto a la mayor o menor cercanía de la Tierra al Sol y se conoce como «precesión». Estos cambios, que son más o menos cíclicos, se conocen con el nombre de ciclos de Milankovic, debido al astrofísico serbio que los descubrió. Al combinarse los tres ciclos se van dando importantes diferencias

en la cantidad de radiación que incide en cada hemisferio y en cada estación del año. Y, al variar el reparto de energía, cambia el tipo de clima. Las últimas glaciaciones, por ejemplo, han venido a durar de media unos 100.000 años, con periodos más cortos entre medias que llamamos interglaciares: una repetición cíclica de cambios climáticos que coincide con los ciclos de Milankovic. Volveremos a hablar de ellos cuando lleguemos al Cuaternario, periodo de la historia geológica de nuestro planeta en el que, por cierto, también llegaron los humanos.

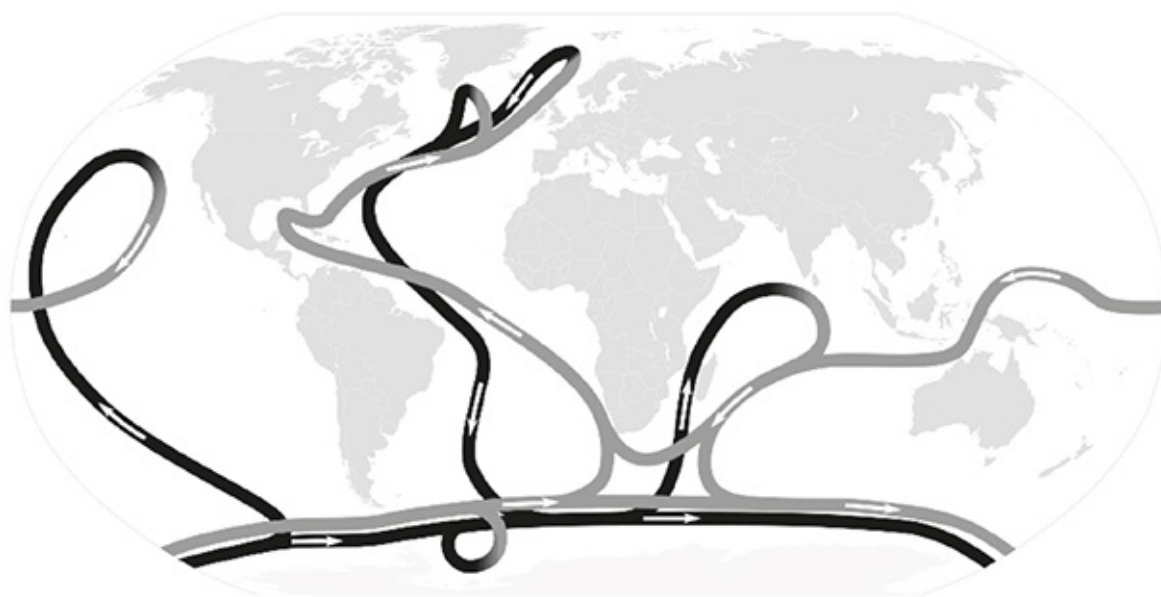


Ciclos de Milankovic. *E*: excentricidad de la órbita terrestre; *O*: oblicuidad del eje de rotación; *P*: precesión de los equinoccios.

Los océanos

Por último, existe otra pieza muy importante de este mecanismo, encargada de distribuir el calor por toda la Tierra en otro ejemplo de la búsqueda de equilibrio constante que está detrás de la dinámica climática. Se trata de los océanos: una gran cinta transportadora de energía formada por las corrientes oceánicas que recorren nuestro planeta. Los intercambios entre distintas masas de agua se producen por variaciones en su temperatura o en su densidad, lo que depende

fundamentalmente de la salinidad de las mismas, y por eso este mecanismo climático se conoce como *circulación termohalina*. Finalmente, los trasvases de energía entre el océano y la atmósfera acaban determinando el clima de las distintas regiones de la Tierra, así que cualquier modificación en esta relación podrá derivar a su vez en cambios climáticos de diversa magnitud.



La circulación termohalina, el movimiento de las masas de agua oceánicas.

Antes del actual calentamiento, cuyas causas se atribuyen a la acción del hombre, el clima cambiaba por causas naturales como los ciclos solares o las erupciones de los volcanes, de las que también hablaremos más adelante. Pero, ¿cómo saben los climatólogos que se produjo el paso de un clima a otro? ¿Qué herramientas tienen para deducir las condiciones atmosféricas y oceánicas de estos tiempos tan remotos? El trabajo de un paleoclimatólogo es similar al de un detective: reúne pruebas que le permiten emitir un juicio final. Y para ello dispone de técnicas que acaban formando otra máquina del tiempo. Pero, en este caso, una que nos permitirá viajar al pasado para conocer cómo eran los climas de un mundo tan remoto.

La máquina del tiempo

Los primeros registros fiables de las condiciones atmosféricas mediante instrumentos proceden del siglo XVIII. En España, las primeras series de observaciones se iniciaron en Madrid en 1737, y hacia mitad de siglo comenzaron en Barcelona y Cádiz. Recogían datos básicos, sobre todo de presión y temperatura, y sufrieron numerosas interrupciones. A mitad del XIX comienzan a ser más constantes, ya extendidas a muchos más puntos repartidos por España. A partir de 1865 existen estaciones meteorológicas completas —que recopilan datos de presión, temperatura, viento, humedad y precipitaciones— en casi todas las capitales de provincia. Algo similar ocurre en el resto del mundo. Aunque el barómetro y el termómetro ya estaban inventados desde el siglo XVII, gracias a Torricelli y Galileo, los análisis de la meteorología comienzan a interesar y extenderse durante el XVIII, a la vez que se van unificando los criterios de observación para que puedan tener validez global: en 1742, el sueco Celsius introduce la actual escala centígrada para las temperaturas, que asimilan la mayoría de países. Pero no será hasta finales del XIX cuando las observaciones meteorológicas gocen del rigor y la suficiente extensión geográfica como para poder tenerlas en cuenta: 1880 es el año que se toma como partida de las series de registros modernos de validez universal.

Desde entonces, por tanto, es fácil seguir el rastro del clima gracias a los datos de temperatura, presión, humedad o precipitación que han quedado registrados. Pero los de siglos anteriores, o incluso de varios milenios y hasta millones de años atrás, ¿cómo podemos conocerlos? Para averiguarlos, los climatólogos disponen de técnicas que les permiten reconstruir los climas del pasado del mismo modo que un detective recompone el puzle de una investigación. Así, el trabajo solo acabará dando buen resultado si se conjugan distintos métodos que confluyan en el mismo fin y consigan entre todos que las piezas encajen.

Hay un método muy eficaz pero que sirve solo para apenas los últimos cuatro milenios: el análisis de documentos escritos. Hay muchos que sin pretenderlo nos sirven para conocer las condiciones climatológicas de un año concreto, como las fechas de inicio y fin de las cosechas o las de la vendimia. Otros documentos históricos se encargan de señalar las sequías, inundaciones, heladas o grandes nevadas que se hayan podido sufrir, y así quedan registradas para la posteridad en lo que conocemos como efemérides. También indirectamente se puede entresacar información climática relevante cuando en las crónicas se señalan las causas meteorológicas que, por ejemplo, pudieron influir en el resultado de una batalla. Y están también los extensos archivos parroquiales, fuente casi inagotable de información demográfica, histórica y, en este caso, también

climatológica, gracias a las rogativas que se encargaban en la iglesia para combatir alguna que otra adversidad atmosférica. Entre los siglos XIV y XVII es cuando tiene en España un mayor auge este recurso a la intervención divina. Numerosas rogativas, *pro pluvia* o *pro serenitate*, eran acompañadas también con la pertinente procesión: bien fuera para que lloviera o para que dejase de hacerlo, los santos tenían mucho ajetreo en aquellos siglos, y de ello quedó constancia en los archivos parroquiales.

Además de la información documental escrita tenemos aquella que aportan elementos naturales como los anillos de los árboles o las capas de crecimiento de las estalagmitas. Tanto el tronco de los árboles como las estalagmitas van creciendo año tras año, y cada año forman una capa que se diferencia de la anterior. En el caso de las estalagmitas, los científicos analizan los cambios en la composición química de cada una de las capas y así pueden reconstruir la temperatura o el índice de humedad de la cueva en la que se encuentran. En el tronco de los árboles cada anillo se corresponde con un año, y los anillos estrechos suelen indicar años fríos y secos en los que el árbol creció poco, mientras que los más anchos señalan años lluviosos y veranos cálidos. Estos datos se cruzan con otros —pues los árboles solo informan de las condiciones en su época de crecimiento, que es en primavera y verano— para generar un calendario, aunque sea de datos indirectos, con el posible comportamiento climático de esos años. Se llaman métodos estratigráficos: permiten «leer» las diferentes capas que aportan información anual de un largo periodo de años.

Los restos fósiles son otra excelente fuente de información para, por ejemplo, averiguar la cantidad de dióxido de carbono que había en la atmósfera del pasado remoto. Los átomos de un mismo elemento pueden presentar distintas variedades según el número de neutrones que tengan: son lo que llamamos isótopos. En la naturaleza hay tres isótopos del carbono, es decir, tres variedades de este elemento con el mismo número de protones pero distinto número de neutrones: el carbono-12, el carbono-13 y el carbono-14. Los dos primeros nos pueden servir para saber si había mayor o menor cantidad de CO₂ en climas remotos, y el tercero para ubicar las fechas de la época de aquel clima, lo que se conoce como datación radiactiva.

La mayor parte del carbono de la naturaleza es el 12: más de un 98 %. El carbono-13 es minoritario y los compuestos orgánicos no suelen incorporarlo. Si los paleoclimatólogos encuentran una mayor cantidad de este último isótopo en los restos vegetales o en el fitoplancton fósil del fondo del mar, les está

indicando que en la atmósfera en la que crecieron había un mayor volumen total de CO_2 .

Cuanto más CO_2 hay en la atmósfera, las hojas de las plantas desarrollan un menor número de estomas (las células que permiten el intercambio gaseoso de las hojas) respecto al resto de sus células epidérmicas. Analizando este índice estomático en las hojas fósiles también se puede estimar la concentración de CO_2 de su época.

Y, para saber de qué época se trata, tenemos el análisis del carbono-14, que es un isótopo inestable, a diferencia de los anteriores, que permanecen estables a lo largo del tiempo. Eso significa que el carbono-14 va poco a poco transformándose en nitrógeno, y el ritmo de pérdida de este isótopo del carbono en un organismo muerto es conocido. Así que al analizar un fósil y comprobar la cantidad de carbono-14 que le queda, se puede calcular la fecha de la que procede. El análisis es muy complejo y en él intervienen muchos más factores; sirva aquí esta simplificación para hacernos una idea somera de este trabajo detectivesco.

También el oxígeno y sus isótopos ayudan mucho a los paleoclimatólogos en sus investigaciones. El oxígeno-18 es un isótopo estable mucho menos abundante que el oxígeno-16, que es el mayoritario en la naturaleza, representando más de un 98 % del total. Sin embargo, estas proporciones varían en el agua según la temperatura: el agua congelada de los glaciares polares tiene mucha menos cantidad de oxígeno-18 que el agua del mar. Analizando la proporción existente entre varios de estos isótopos, los científicos pueden averiguar si había más o menos cantidad de hielo sobre la Tierra en un determinado momento, lo que sirve para datar las épocas de las glaciaciones.

Es cierto que no disponemos de muestras de agua congelada o líquida de aquellas épocas, o al menos no directamente. Pero indirectamente, esa misma proporción entre los isótopos del oxígeno se da en las conchas calcáreas de los microfósiles marinos. Esos microorganismos, como los foraminíferos o los corales, utilizaban el oxígeno del agua en la que vivían para hacer sus caparazones de carbonato. Y esos fósiles sí han llegado hasta nuestros días, sedimentados en el fondo del mar y dispuestos a revelar sus secretos a los científicos. Son verdaderos indicadores de las condiciones climáticas en las que se formaron.

Por último, fruto del avance de la ciencia también podemos disponer de restos directos del agua e incluso el aire de hace miles de millones de años. Se trata de las perforaciones en el hielo de Groenlandia y de la Antártida. En la base

antártica de Vostok, por ejemplo, los científicos realizan perforaciones a más de 3000 metros de las que extraen delgados cilindros de hielo que analizan en busca de burbujas. Esas burbujas en el hielo encierran aire que ha permanecido en las mismas condiciones que cuando quedó atrapado hace cientos de miles de años. Analizando su composición, los científicos obtienen datos precisos del dióxido de carbono o del metano presentes en aquellas atmósferas remotas. Además, el análisis químico del propio hielo también puede arrojar datos sobre la temperatura pasada —viendo la proporción de los isótopos estables del oxígeno que hemos contado antes— o incluso la dirección de los vientos dominantes, analizando el polvo que también suele quedar congelado junto al agua. Por último, las propias capas existentes en esas columnas de hielo aportan información semejante a la de los anillos de los árboles: según el grosor de cada una de ellas se pueden estimar las precipitaciones de nieve de un año concreto. Y, cuanto más profundo se llegue, más atrás en el tiempo estaremos viajando.

Ya sabemos algo más de la maquinaria climática. Hemos conocido sus principales piezas y hemos visto también algunas técnicas que permiten averiguar cómo podrían haber encajado en el pasado. Ahora toca viajar hasta aquellas épocas remotas para conocer la influencia decisiva que tendrían los cambios climáticos en la evolución de la Tierra. Y viceversa. Viajaremos hasta el origen de nuestro planeta, cuando no había vida y ni siquiera atmósfera. Pero la primera parada en nuestro viaje al pasado la vamos a hacer un poco más adelante, hace solo doscientos millones de años, cuando rebosaba vida y la atmósfera era un festival de CO₂. Nuestra máquina del tiempo se pone en marcha para llevarnos a conocer cómo era el clima de la Tierra cuando sobre ella vivían los dinosaurios.

2

EL CLIMA DE LOS DINOSAURIOS

La Tierra ha tenido en muchas ocasiones una temperatura media mucho más alta que la actual. Alguna vez muy superior incluso a los escenarios futuros más extremos que dibujan las previsiones del IPCC (siglas inglesas del Panel Intergubernamental del Cambio Climático). Pero en aquellas ocasiones no había humanos sobre el planeta. En una de ellas, por ejemplo, vivían los dinosaurios.

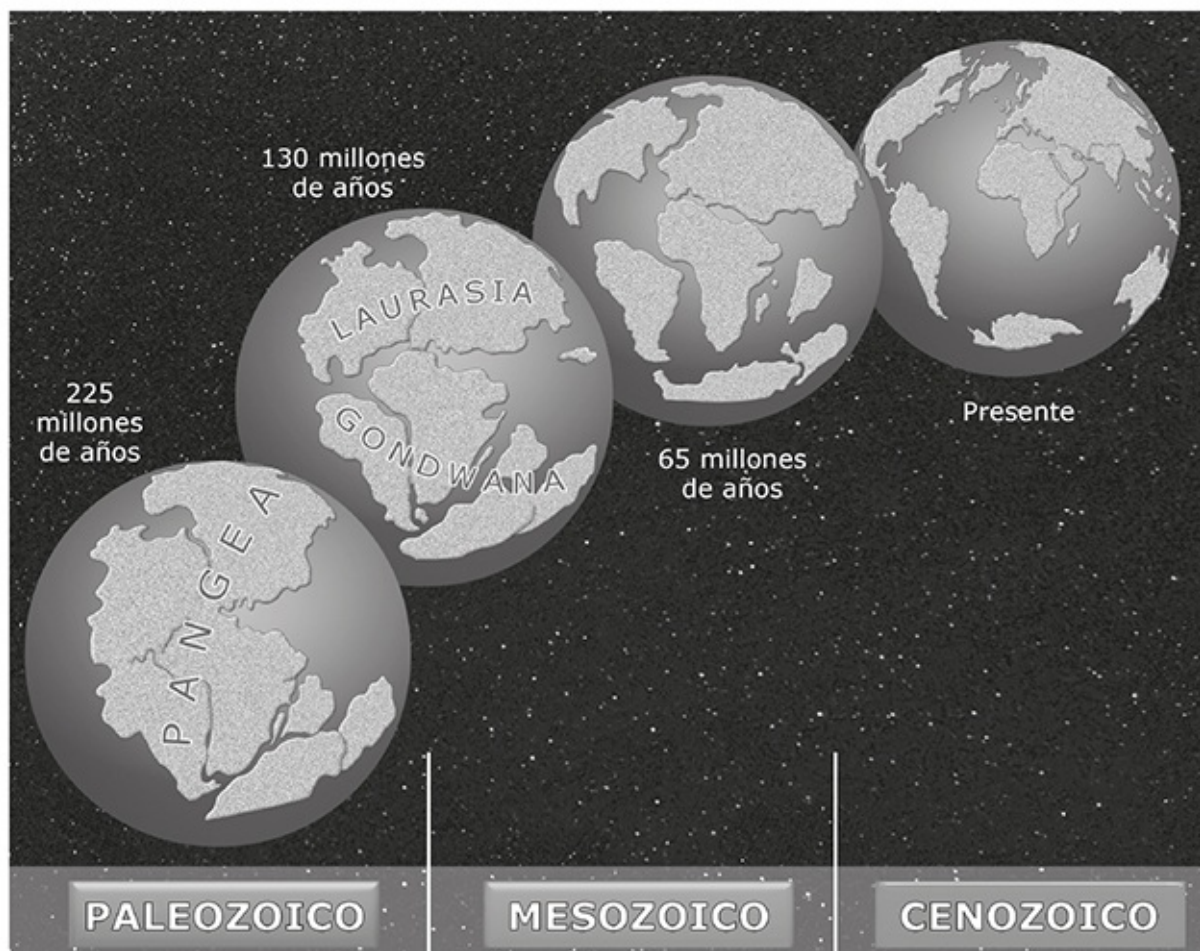
En aquel planeta, que ahora es el nuestro, la temperatura media global rondaba los 22 °C, la atmósfera tenía una concentración de CO₂ hasta ocho veces superior a la actual y proliferaban los pantanos, los humedales y las plantas de hojas gigantes. Los dinosaurios reinaban felices en un mundo de calor y humedad donde no escaseaba la comida.

Para conocer en profundidad el clima en el que desarrollaron su existencia los «lagartos terribles» —eso es lo que significa en griego «*deinós saûros*», etimología de dinosaurio— tenemos que trasladarnos a la era Mesozoica (la segunda de las tres en que se divide la historia geológica de la Tierra) y avanzar hasta el inicio del periodo Jurásico: vamos a viajar hasta 208 Ma en el pasado.

Bienvenidos al Jurásico

Los geólogos y paleontólogos siempre basan los cambios de era —o de un periodo a otro dentro de la misma era— en algunos hitos o hechos destacados. Unos seis millones de años antes del momento al que acabamos de viajar se acababa de producir la cuarta extinción masiva de la historia de nuestro planeta: el hito que pone fin al periodo Triásico. El espacio temporal en el que se desarrolla la vida de los grandes saurios —los periodos Jurásico y Cretácico— se

inicia con una extinción masiva y acabará con otra: la suya. Y en este último hito ya no solo cambiaremos de periodo sino también de era. Con la extinción de los dinosaurios, la quinta y última extinción masiva de especies, comenzará la era Cenozoica, que es en la que actualmente seguimos.



Evolución de la superficie terrestre durante las distintas eras geológicas de la Tierra.

Justo al comienzo del Jurásico en la Tierra había un solo continente: Pangea. Todas las masas continentales estaban unidas y alrededor había un único océano llamado Panthalassa. La temperatura media global podría estar entre los 20 °C y 24 °C, frente a los 15 °C que actualmente tenemos, es decir: entre 5 °C y 9 °C más que ahora. Y no en todas partes del globo era igual: se cree que las aguas oceánicas de latitudes medias podrían tener temperaturas hasta 12 °C o 15 °C superiores a las de nuestro Atlántico. Los dinosaurios vivieron en un mundo muy cálido y muy húmedo, y rebosante de CO₂. Precisamente, la mayor presencia de

dióxido de carbono era una de las causas de que la Tierra en esa época tuviera el termostato tan alto. Otro de los motivos era el aumento de los otros gases de efecto invernadero: el metano y el vapor de agua.

Este momento en el que la Tierra estaba habitada por dinosaurios, que no ha vuelto a repetirse, puede desatar nuestra imaginación, azuzada por las películas de Spielberg y su *Jurassic Park*. Pero, además de la pasión que los grandes saurios desatan actualmente en muchos niños, aquella época era apasionante por motivos propios. Aquel era un planeta con un clima muy diferente al actual, pero al que también se adaptaba la vida; un mundo en constante movimiento, de manera literal: el Jurásico comienza con todos los continentes unidos en uno y el Cretácico acabará con una configuración de tierras y océanos bastante similar a la actual. El movimiento de placas tectónicas y la actividad sísmica y vulcanológica asociada al mismo debió de ser constante y notable. La ruptura comenzó por la denominada CAMP, siglas de la *Central Atlantic Magmatic Province* (provincia magmática del Atlántico central), que era un franja de volcanes y erupciones basálticas que se extendía desde lo que hoy podría ser Brasil hasta nuestra península ibérica y que acabó separando América y África. Y después continuó en las posteriores fisuras del Índico, el Pacífico, etc. Sería a través de las fracturas tectónicas en la corteza terrestre por donde millones de toneladas de CO_2 acabarían saliendo a la atmósfera como resultado de la intensa desgasificación volcánica. Se calcula que podría haber en el aire una concentración de CO_2 de entre 900 y 3300 partes por millón (ppm). En la actualidad, la mayor cantidad alcanzada y que desata todas las alarmas es de 400 partes por millón.

Un gran invernadero

El CO_2 no estaba solo en su acción calentadora. Con mayor calor también hay más evaporación y, en consecuencia, mayor presencia de vapor de agua en la atmósfera. Eso también ocurre actualmente, pero hoy en día el efecto invernadero del vapor de agua está muy limitado, ya que únicamente es eficaz en grandes concentraciones, y eso solo ocurre en las regiones tropicales o ecuatoriales. Sin embargo, durante el Jurásico y sobre todo el Cretácico, tras varios millones de años con una situación cálida sostenida, las temperaturas en las regiones polares eran más templadas y el vapor de agua presente en el aire de esas zonas podía, a su vez, aumentar la acción calorífica. Un ejemplo de la

realimentación del sistema climático, en el que todos los elementos acaban sumando en la misma dirección.

En los polos hacía más frío que en el resto del planeta, pero no tanto como hoy. Estudios paleoclimáticos no descartan que incluso pudiera nevar en invierno, pero ni la nieve ni el hielo resistirían la llegada del cálido verano. La desaparición de los hielos árticos en la temporada estival que tanto preocupa en nuestro mundo actual era lo normal en el de los dinosaurios.

Debido al potente efecto invernadero, el clima tropical era el que predominaba en la mayoría de las zonas planetarias y durante la mayor parte del año. Aprovechando esas condiciones de calor y alta humedad, las especies vegetales también aumentaban, y con ellas la biomasa necesaria para poder abastecer a los grandes ejemplares. Desde el Jurásico superior ya habían ido proliferando los bosques de coníferas, una fuente potencial de comida. Los saurópodos, gigantes herbívoros que podrían llegar a los 9 metros de alto y 50 de largo, disponían pues de alimento suficiente. Pero no todos los dinosaurios eran gigantes: ahora se sabe que dentro de los quinientos géneros distintos y más de mil especies conocidas muchos eran pequeños, incluso alguno de tan solo medio metro de largo. Lo que ocurre es que son los huesos más grandes, procedentes de los dinosaurios de mayor tamaño, los que mejor resisten el paso del tiempo, y los más fáciles de encontrar y desenterrar para los arqueólogos.

En cualquier caso, con buenos bancos de alimento a su disposición y una temperatura que nunca era demasiado fría, los dinosaurios pudieron extenderse por todas las latitudes del planeta, llegando incluso a zonas cercanas a los polos. En el norte de Canadá, por ejemplo, se han encontrado restos de dinosaurios, y también de otras especies animales que convivían con ellos, como las tortugas o los cocodrilos, así como muestras de plantas que ahora solo existen en los trópicos.

A mediados del periodo Cretácico, hace 100 Ma, los dinosaurios continuaban en la gloria. ¿Y cuál era el clima de aquel entonces, que tanto les convenía? Una Tierra cálida, con hasta 12 °C más que hoy y una atmósfera que contenía cinco veces más CO₂ que en la actualidad. El nivel del mar estaba entre 100 y 300 metros más alto que el actual. Además, con una corteza terrestre en constante movimiento, los océanos pierden profundidad y ganan extensión; desbordan las cubetas continentales e invaden zonas hasta el momento secas. Aparte de aumentar las zonas húmedas en la superficie terrestre, toda esta actividad submarina tendrá una repercusión fundamental en otro elemento que hará aumentar aún más la temperatura: el metano.

El CH₄, o metano, es incluso más eficaz que el CO₂ como gas de efecto invernadero, solo que en la actualidad su concentración en la atmósfera es mucho más reducida. En la atmósfera original de nuestro planeta, el gas metano era mucho más abundante. A lo largo de los siglos y milenios, el metano se fue decantando de la atmósfera hasta el océano, depositándose en los suelos marinos procedente de la descomposición de materia orgánica. En el fondo del mar, a entre 200 y 500 metros de profundidad, se queda atrapado, ligado a los sedimentos en forma de hidratos de gas. Ahí puede permanecer milenios, y de hecho actualmente se calcula que puede haber de 2500 a 10.000 gigatoneladas de metano en los fondos marinos, almacenadas en forma de hidratos de gas o clatratos. El caso es que si sube la temperatura del agua lo suficiente o cambian las condiciones de presión, como ocurría frecuentemente en aquel mundo de constante movimiento tectónico, las ataduras químicas se sueltan, el metano se libera y puede subir entonces a la superficie del océano. Y de ahí a la atmósfera, para seguir incrementando el efecto invernadero, en otro ejemplo más de esa realimentación del sistema climático que demuestra que todo está relacionado. En el Cretácico, el efecto conjunto de los gases de efecto invernadero lograba elevar el termostato del planeta hasta una temperatura media de 26 °C. Para tomar conciencia del contraste con la que tenemos en la actualidad basta recordar que el termostato global se sitúa en torno a los 15 °C, y las previsiones más pesimistas del calentamiento global nos hablan de una temperatura media de unos 18 °C o 19 °C a finales del siglo XXI. En ese clima futuro que tan graves trastornos podría provocar a los humanos, los dinosaurios del pasado tendrían frío.

El cálido océano

Por si fuera poco, la configuración que iba adquiriendo la superficie del planeta también ayudaba a que el clima de hace 100 Ma siguiera siendo muy cálido. Norteamérica estaba partida por el medio, de arriba abajo: el mar separaba una plataforma occidental y otra oriental. Europa, por otra parte, era un archipiélago, un conjunto de islas que más tarde se acabarían uniendo. Eso hacía que las temperaturas también fueran más suaves, como ocurre ahora en las zonas de costa, donde la acción marina suaviza el ambiente. La circulación oceánica también era diferente: en un mundo más cálido, el mar también transportaba más calor. En el Cretácico, las aguas del océano estaban más calientes, y no solo las

superficiales: se cree que las aguas profundas podrían tener una media de 15°C, en contraste con los 2 °C de la actualidad. El intercambio entre aguas frías y calientes de la circulación termohalina —de la que hablamos en el capítulo anterior— se hacía a la altura de los trópicos, donde el agua se volvía más salina por efecto de la evaporación y al ser más densa se hundía, llevando al fondo todavía un gran contenido de calor. La gran cinta transportadora del océano, por tanto, no enviaba a los polos tanto frío como hace en la actualidad, y las temperaturas eran entonces más templadas y uniformes. Ese factor favoreció también que estos grandes animales pudieran repartirse por todas partes del mundo, sin que en ninguna de ellas el clima les tuviera guardada ninguna sorpresa.

Las plantas del invernadero

Los dinosaurios eran felices en aquel mundo de grandes extensiones abiertas cubiertas de vegetación, entre matorrales y pantanos. También había grandes árboles de los que los más altos aprendieron a ramonear, es decir, elevar el cuello para comer de las ramas más altas. Así, algunas especies como la Araucaria, el hermoso y milenario árbol que aún podemos admirar en Chile, desarrollaron hojas espinadas para defenderse de esos herbívoros que querían comérselas. Había además pinos, cipreses y helechos, y abundaban las cícadas y el ginkgo biloba. Por lo general, los dinosaurios tenían a su disposición pequeñas plantas de troncos redondeados, sin ramas y de un metro de altura, y otras, como la Williamsonia, que alcanzaban los dos metros de altura, con troncos delgados y ramificados. Era el paraíso del herbívoro... y también, en consecuencia, de quienes se alimentaban de ellos.

Aunque distribuidos por la mayor parte del planeta, la mayoría de los dinosaurios vivían en los cinturones de clima tropical cálido o templado que se encontraban entre los 20 y 40° de latitud norte, donde la vegetación encontraba condiciones de mayor humedad. La diferencia, en cualquier caso, era pequeña: cerca de Groenlandia y Alaska crecían las mismas plantas que en México y Cuba.

Es en esta época también, hace unos 100 millones de años, cuando se produce el auge y desarrollo de las angiospermas, las plantas con flor. Hasta ese momento, la Tierra había sido un mundo sin flores. Pero ahora, en una Tierra cálida y con una atmósfera rebotante de CO₂, el clima ejecuta su influencia

silenciosa en el mundo vegetal y aparecen las angiospermas, que acabarán siendo las soberanas de este reino: actualmente existen más de 300.000 especies distintas de plantas con flores. Ellas sí lograron sobrevivir a una extinción que no tardaría en llegar.

Un mundo que termina

La extinción de los dinosaurios y de más de dos tercios de las especies que hasta entonces habitaban el planeta se produjo tras el impacto de un meteorito, según la teoría más aceptada. Pero mucho antes ya habían empezado a cambiar las condiciones del mundo en el que vivían y es muy probable que, tarde o temprano, los dinosaurios acabaran desapareciendo de manera irremediable. Y en esos cambios el clima también tenía mucho que ver.

Hace 90 Ma las floras del mundo de los dinosaurios estaban dominadas ya por las angiospermas, que se extendían a un ritmo veloz y voraz. Las coníferas se redujeron a la mitad, los helechos al 6 %, y del ginkgo biloba, árbol favorito de muchos saurios, quedó tan solo un 1 %. En los pantanos los matorrales fueron sustituidos por grandes bosques de secuoyas. Justo antes del final del periodo Cretácico, un poco antes de que llegara el meteorito, los dinosaurios ya lo tenían bastante más difícil para vivir sobre la Tierra. Su hábitat más favorable, zonas abiertas como sabanas y pantanos donde podrían agruparse grandes poblaciones, estaba siendo sustituido por otro de bosques cerrados.

La atmósfera había empezado a cambiar. Hace unos 80 Ma grandes cantidades de materia orgánica empezaron a depositarse sin descomponer en el fondo de mares, lagos y marismas: así comenzaba a formarse lo que muchos años después se convertiría en petróleo. Se calcula que el 60 % de las reservas actuales de crudo proceden de esta época. El actual calentamiento climático está basado precisamente en el proceso contrario: la devolución a la atmósfera de manera muy rápida de aquel CO₂ que en esta época, hace millones de años, se le fue restando mucho más lentamente. Toda esa materia orgánica que se iba enterrando enterraba con ella el carbono que contenía, y con menos carbono en el aire el clima se iba enfriando paulatinamente. La concentración de CO₂ en la atmósfera estaba en ese momento en torno a las 600 ppm, aún superior al máximo registrado en la actualidad, de 400 ppm, pero las temperaturas ya no eran las mismas que al principio del periodo.

Por último, en los mares pobres de oxígeno, donde primero habían proliferado multitud de algas y fitoplancton, ahora comenzaban a extenderse microorganismos que no necesitaban luz ni oxígeno para obtener su energía y que producían sulfuro de hidrógeno: el agua se volvía tóxica.

Y para rematar —nunca mejor dicho— cayó un meteorito.

El meteorito

De acuerdo con la explicación más extendida, las condiciones climáticas que se generaron después del impacto de un meteorito en el golfo de México hace 65 Ma provocaron la extinción del 70 % de las especies que entonces habitaban el planeta, incluidos los dinosaurios.

La teoría nace en el año 1981, cuando el físico estadounidense Luis Álvarez y su hijo, el geólogo Walter Álvarez, encontraron una capa de arcillas del final del Cretácico con una inusual cantidad de iridio. El iridio es el segundo elemento más denso de la tabla periódica después del osmio y el más resistente a la corrosión: en la Tierra es un elemento raro, pero resulta bastante común en los asteroides. Más tarde la teoría cobró fuerza cuando fue encontrado en la península de Yucatán, México, un cráter de 180 kilómetros de diámetro, con la mitad de su área sumergida en el mar. Ese es el agujero que posiblemente dejó el choque de un asteroide que a su vez tendría unos 10 kilómetros de diámetro. Tras el impacto se generó un tsunami que llegó hasta las costas de los Estados Unidos y, lo que es más importante, una gran nube de polvo que subió a la atmósfera para extenderse a lo largo del mundo. La nube oscureció la Tierra y, sin que pudiera llegar plenamente la luz del Sol, el clima se enfrió. Las plantas morían sin energía para realizar la fotosíntesis, y la cadena trófica comenzó su marcha mortal.

Fue un evento relativamente rápido: todo ocurrió en varios miles de años tras el impacto. Se aceleró quizá lo que, de manera más lenta, habría sido también irremediable. Comenzaba una nueva era, la llamada Cenozoica, en la que otra especie animal iba a llegar y acabaría por imponerse, y esa aún no se ha extinguido: el hombre. Pero antes de adentrarnos en las condiciones climáticas que rodearon la aparición en la Tierra de los primeros humanos, sepamos cómo empezó todo y qué ocurrió hasta que llegaron los dinosaurios. Son las épocas más lejanas de nuestro planeta, pero también un tiempo apasionante en el que el clima iba a ejercer su influencia decisiva.

3

ESTA TIERRA ES UN INFIERNO

Hemos empezado nuestro relato por la mitad. Acabamos de recorrer la era Mesozoica, que en realidad es la intermedia, porque después viene la era Cenozoica, en la que vivimos, y antes tuvimos la Paleozoica, la más antigua. Todas ellas se enmarcan en una unidad mayor llamada eón Fanerozoico. Pero antes de este tuvimos otros tres eones, que son de los que vamos a hablar en este capítulo, donde encontramos los orígenes de la Tierra, los océanos y la atmósfera, y también los primeros cambios climáticos de ese mundo recién nacido.

En la historia geológica de nuestro planeta hay, por tanto, un marco temporal mayor que las eras: los eones. Para facilitar la comprensión, podríamos decir que, si la historia geológica de la Tierra fuera un edificio, los *eones* serían sus pisos, las *eras* las viviendas de cada planta y los *periodos* las habitaciones de esas viviendas. Existen cuatro de estos eones. Afortunadamente los científicos han buscado nombres para cada uno de ellos que nos dan pistas sobre lo que ocurrió o cómo sería la Tierra en ese pasado tan remoto, aunque haya que recurrir a la etimología y la mitología griegas. El primero es el eón Hadeense, llamado así en recuerdo de Hades, el dios griego del infierno; el segundo es el eón Arqueozoico, del griego *archeos* ('antiguo') y *zoos* ('vida'); el tercero es el eón Proterozoico, o 'casa de la primera vida'; el cuarto, el citado Fanerozoico, que podríamos traducir como 'la vida evidente'. En la tabla de la pág. 45 se muestra la escala geológica de la Tierra, con eones, eras y periodos, así como su cronología, en millones de años, y un brevísimo apunte descriptivo de lo que sucedía en ese momento en nuestro planeta.

Como hemos dicho, el último eón —en el que nos encontramos— está dividido en eras, concretamente en tres: la Paleozoica, la Mesozoica —la de los

dinosaurios, que acabamos de ver— y la Cenozoica. Y estas a su vez en periodos. Ahora nos encontramos en el periodo del Holoceno, de la era Cenozoica del eón Fanerozoico. Volviendo al símil del edificio: estamos en el salón del apartamento C del cuarto piso.

Los tres primeros eones suman el 85 % de la historia de nuestro planeta, desde hace 4600 Ma hasta hace 540 Ma, y no nos ha quedado de ellos ningún resto fósil. Pero el clima ya iba a jugar un papel fundamental para determinar cómo sería el planeta que ahora conocemos y la atmósfera que respiramos.

Esto es un infierno

Hace unos 4600 Ma, cuando la Tierra se forma sumando materiales que giraban en torno al Sol, nuestro planeta era todo calor y energía. Al poco de nacer, su temperatura debía rondar los 6000 °C. Y eso que el Sol, también entonces en su infancia, aportaba menos radiación: su luminosidad entonces era entre un 20 % y un 30 % más baja que la actual. El calor venía de los numerosos volcanes en activo, pero sobre todo de los constantes impactos de meteoritos que recibía y de las reacciones nucleares que se producían entre las rocas calientes. No había agua líquida —imposible al principio con esas temperaturas— pero sí vapor de agua, lógicamente en mayores cantidades que ahora. En ese ambiente de humedad altísima se generaban columnas de gases que escapaban del manto terrestre, y numerosas tormentas eléctricas sobre ellas.

EÓN	ERA	PERIODO	ÉPOCA	CRONOLOGÍA	LA TIERRA Y LA VIDA
FANEROZOICO	CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	0,01 Ma	Final de la Edad de Hielo. Surge la civilización actual.
			Pleistoceno	2,60 Ma	Ciclos de glaciaciones. Evolución de los humanos modernos.
		Terciario	Plioceno	5,30 Ma	Clima similar al actual. Primeros homínidos.
			Mioceno	23,30 Ma	Desecación del Mediterráneo. Reglaciación de la Antártida.
			Oligoceno	33,90 Ma	Congelación de la Antártida. Familias modernas de animales y plantas.
			Eoceno	55,50 Ma	Máximo térmico. Disminución del CO ₂ . Extinción del Eoceno.
			Paleoceno	65,50 Ma	Clima uniforme cálido y húmedo. Florecimiento animal y vegetal.
	MESOZOICO	Cretácico		145,50 Ma	Primitivos mamíferos placentarios. Extinción masiva del Cretácico-Jurásico.
		Jurásico		199,60 Ma	Dominio de los dinosaurios. Primeros marsupiales. Primeras aves. Primeras plantas con flor.
		Triásico		250,90 Ma	Extinción masiva del Triásico-Jurásico. Primeros mamíferos.
	PALEOZOICO	Pérmico		298,50 Ma	Formación de Pangea. Extinción masiva del Pérmico-Triásico: desaparece el 95% de las especies.
		Carbonífero		359,20 Ma	Bosques de helechos. Grandes árboles primitivos. Primeros reptiles.
		Devónico		415,80 Ma	Insectos y primeros anfibios.
		Silúrico		443,70 Ma	Primeras plantas terrestres.
		Ordovícico		488,30 Ma	Dominio de los invertebrados. Primeros peces. Extinciones masivas del Ordovícico-Silúrico.
		Cámbrico		542,70 Ma	Extinciones masivas del Cámbrico-Ordovícico. Animales con concha. Primeros cordados.
PRECÁMBRICO	PROTEROZOICO			2500 Ma	Atmósfera oxigenada. Primeras formas de vida pluricelulares.
	ARQUEOZOICO			3.800 Ma	Primera glaciación. Primeras formas de vida unicelulares.
	HADEENSE			4.570 Ma	Formación de la Tierra.

El día y la noche eran más cortos que ahora. Al hundirse hacia el centro de la Tierra rocas cargadas de hierro aumentaba el peso en el eje central y la rotación era más veloz. Podría pensarse que un centro más cargado ralentizaría la rotación terrestre, pero no: es como cuando los patinadores que giran sobre el hielo pegan los brazos al cuerpo y se agachan para girar con mayor velocidad. El caso es que el día y la noche juntos apenas duraban diez horas, en lugar de las veinticuatro actuales. La Tierra, más que tierra, era una masa viscosa, solidificándose a golpes de energía bajo un cielo de color negro.

Entonces, en el transcurrir de millones de años, se fue formando poco a poco una capa gaseosa alrededor de esa corteza terrestre plagada de cráteres y fumarolas. Todavía muy ligera y muy cercana al suelo, empezaba a gestarse la atmósfera.

En aquella atmósfera primitiva abundaban sobre todo el dióxido de carbono —CO₂— y el vapor de agua, y también había nitrógeno e hidrógeno. Pero no había oxígeno. Actualmente el oxígeno supone el 21 % de nuestra atmósfera, en la cantidad adecuadamente equilibrada para que pueda existir vida. Constituye una rareza en nuestro sistema solar, donde el resto de planetas, aunque tengan atmósfera, no tienen oxígeno en su composición. Precisamente, la manera en que el oxígeno pudo llegar a ese aire que ahora todos respiramos es la primera influencia decisiva que podemos atribuir al clima en sus inicios. Vamos a ver cómo ocurrió, aunque para ello tendremos que cambiar de eón.

La primera influencia

Aquel mundo del eón Hadeense que recordaba al infierno fue enfriándose poco a poco. Los meteoritos dejaron de impactar, o al menos lo hacían con menor frecuencia. El vapor de agua, al caer la temperatura por debajo de los 100 °C, pudo condensarse y apareció el agua líquida. El hielo, o agua sólida, todavía quedaba muy lejos.

Cuando hace 3800 Ma se inició el eón Arqueozoico, el clima de la Tierra aún era muy cálido. La atmósfera seguía siendo débil, con una continua actividad eléctrica y cargada de CO₂, pero ya empezábamos a tener mares y océanos. Y precisamente en el océano, una cara esencial de esa moneda que es el sistema

climático, se encuentra el origen de que la otra cara, la atmósfera, sea ahora como la conocemos: una atmósfera oxigenada.

En los mares y océanos de aquella Tierra primitiva había nacido la vida: la primera en nuestro planeta, la más antigua, como nos indica en griego el nombre de este eón. Aquella vida básica, las cianobacterias, usaba la luz solar para fabricar carbohidratos y oxígeno libre a partir del dióxido de carbono (la reacción química, en presencia de la luz solar, es más o menos así: CO_2 «dióxido de carbono» + H_2O «agua» = CH_2O «carbohidrato» + O_2 «oxígeno»). Y en la Tierra de hace 3850 Ma tenían toneladas de CO_2 para devorar a cambio de generar oxígeno. No deja de resultar paradójico que el que ahora es responsable de acelerar el calentamiento global, el CO_2 , fuera originalmente por su abundancia, y en colaboración con las cianobacterias, el causante de que tuviéramos oxígeno y por tanto de que ahora exista la vida.

El primer cambio climático

Poco a poco las bacterias fueron haciendo su trabajo. El oxígeno resultante no era mucho, pero la suma continuada de muchos pocos durante millones y millones de años fue haciendo su efecto. Por primera vez en la historia de la Tierra, casi 2000 Ma después de su creación, tuvimos en nuestra atmósfera casi tanto oxígeno como el que hay ahora. Y, a la vez que el oxígeno aumentaba, disminuía el CO_2 . También la atmósfera iba perdiendo vapor de agua, que se transformaba en agua líquida para los mares, y por último el metano también menguaba. Los tres principales gases de efecto invernadero iban teniendo cada vez menos presencia en la atmósfera y, en un proceso inverso al actual, la Tierra se fue enfriando.

Hace 2300 Ma comenzó el eón Proterozoico, el tercero, y en él sufrió la Tierra sus primeras glaciaciones, que han sido también las más intensas que ha tenido nunca. En la primera de ellas pudo estar congelada en su totalidad durante 300 Ma, lo que los ingleses han bautizado con sorna como «Snowball Earth» o Tierra bola de nieve. Es algo que no ocurrirá por ejemplo en las posteriores glaciaciones, como las del Cuaternario. En ellas el hielo y los casquetes polares avanzaron mucho, pero no tanto como en aquella primera glaciación de hace 2300 Ma, que recibe el nombre de Glaciación Huroniana, en referencia al lago Hurón en Canadá.

En cualquier caso, la reducción del efecto invernadero no explica por sí sola un cambio tan drástico. Entre las hipótesis que se manejan está también la del impacto de un meteorito, que habría provocado el levantamiento de la consiguiente nube de polvo que dificultaría la llegada de la radiación solar, el incremento de la actividad volcánica o incluso que la Tierra en su viaje por el espacio atravesara una zona interestelar ocupada por una nube de denso polvo cósmico que impidiese que la luz del Sol pudiera alcanzar nuestro planeta. Cualquiera de las tres podría explicar por sí sola un enfriamiento tan brutal.

Aunque luego el clima volvió a calentarse, nuevas glaciaciones regresarían al final del eón, entre hace 800 y 542 Ma. Y estas incluso fueron más intensas: el hielo llegó a cubrir por primera vez el ecuador. La temperatura en la superficie de la Tierra podría haber alcanzado los 50 °C bajo cero; el océano podría haberse congelado hasta una profundidad de mil metros.

Ahí es donde finalizó este eón, y donde empezaron también las alternancias cíclicas entre periodos cálidos y otros más fríos que acompañarán a la Tierra hasta nuestros días.

En el principio y en el final

La siguiente gran etapa de la historia geológica de la Tierra es en la que vivimos y empezó, según los geólogos, hace 542 millones de años con una explosión de vida. La *explosión cámbrica* es la denominación con la que la ciencia se refiere a la aparición de una inmensa cantidad de vida en la Tierra en un periodo relativamente corto. Este periodo, el Cámbrico, es el primero de la era Paleozoica, que es a su vez la que abre el eón Fanerozoico, en el que la «vida se hace evidente».

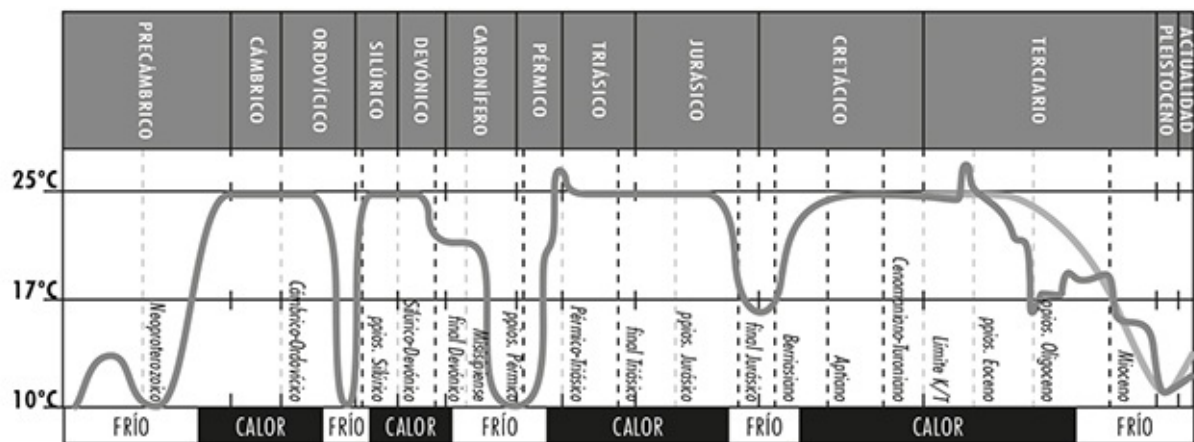
Tras aquella glaciación del final del eón anterior, la más intensa jamás conocida, el clima comenzó a calentarse de nuevo, pero de una manera brusca. No se sabe muy bien por qué ocurrió así, pero es en ese momento de la vida de nuestro planeta cuando comienzan a surgir la mayoría de organismos multicelulares y la mayor parte de seres. El clima les influirá decisivamente, tanto en su nacimiento como en su desaparición: durante los siguientes años se habrían de producir cinco grandes extinciones. La tercera de ellas, hace 252 Ma, se considera la mayor extinción biológica en la historia de la Tierra, y supuso la desaparición de más del 90 % de todas las especies marinas y el 70 % de las terrestres. Se cree que la causa podría estar de nuevo en la colisión de un

meteorito, uno de aquellos que bombardeaban la Tierra en sus orígenes y que luego dejaron de hacerlo, aunque parece que no del todo. Con el impacto del asteroide, las condiciones climáticas habrían vuelto al enfriamiento súbito. Pero también se apunta otra causa que pudo ayudar a crear las condiciones adecuadas para una extinción masiva: la acidificación de los océanos. Este proceso estaría causado por la absorción de dióxido de carbono por las aguas marinas. Fruto de la reacción química entre el CO_2 y el H_2O se generan ácidos que desembocan en una mayor concentración de iones de hidrógeno, rebajando el pH y aumentando la acidez de los mares, que resulta mortífera para los seres vivos que habitan aguas profundas, como los corales. Un proceso que podría estar iniciándose de nuevo en la actualidad, con igual causa y similar consecuencia: un superávit de CO_2 que absorben los océanos y que está conduciendo a la muerte de los agrupamientos coralinos.

Pero volvamos al pasado. Estamos ahora en el final del Pérmico, el último periodo de la era Paleozoica. Una era de contrastes, que se inició con la mayor creación de vida nunca vista de la explosión cámbrica y que termina con la mayor desaparición de especies de la historia de nuestro planeta. A partir de ahora, también en ellas se podrá constatar la decisiva influencia del clima.

La Casa Verde y la Casa de Hielo

Como acabamos de ver, hace unos 700 Ma nuestro clima entró en una dinámica de grandes periodos de calor alternados con otros de frío intenso, una alternancia que llega hasta la actualidad. Las magnitudes de cada uno de los episodios son dispares, y también su duración, pero se pueden agrupar en dos grandes escenarios cuyos nombres, traducidos del inglés, nos podrían recordar a la serie televisiva «Juego de Tronos»: la Casa Verde y la Casa de Hielo.



Grandes episodios de *Greenhouse* y de *Icehouse*.

Resumiendo mucho, la Casa Verde, o *Greenhouse*, se refiere a la imagen de un planeta libre de hielos, mientras que la Casa de Hielo, o *Icehouse*, se utiliza para definir una Tierra total o parcialmente cubierta por ellos. Dentro de cada uno de esos escenarios hay también unas fases más cálidas y otras más frías. Así, nosotros solemos llamar era glacial al escenario climático de *Icehouse*, pero dentro de él pueden diferenciarse periodos más fríos, que llamamos glaciaciones, y otros más cálidos, llamados interglaciares.

En la actualidad atravesamos un escenario de calentamiento global en el que las temperaturas han aumentado de forma constante desde finales del siglo xx. Pero, realmente, vivimos en un periodo interglaciar dentro de una era glacial, ya que, aunque su volumen esté menguando, hay hielo cubriendo los casquetes polares, y también nieve en las montañas y glaciares. A fin de cuentas, glaciaciones y periodos interglaciares son dos caras de la misma moneda: constituyen el ciclo interno del escenario *Icehouse*, en el que las temperaturas fluctúan, pero siempre dentro de una horquilla en la que se conserva la presencia relevante de hielo sobre la Tierra.

Pero no siempre ha sido así, pues en este capítulo ya hemos visto que en la mayor parte de la historia más remota de nuestro planeta las temperaturas fueron mucho más altas que en la actualidad. También se vivieron episodios del frío más intenso, como en las glaciaciones del final del eón Proterozoico, que suponen el más largo escenario de *Icehouse* registrado en la historia del planeta, mereciendo para algunos científicos incluso un nombre propio: el periodo Criogeniense. En este eón en el que estamos, el Fanerozoico, se han producido otros tres grandes escenarios *Icehouse*: el del final del periodo Ordovícico (el

comienzo de la tercera glaciación, hace 430 Ma), el del final del Carbonífero (el periodo en el que se va depositando la materia orgánica sin descomponer que dio lugar a los grandes yacimientos de carbón) y el de la actualidad, la quinta era glacial, que empezó hace unos 2,5 Ma. Dentro de cada uno de estos grandes escenarios hay fases más cálidas y otras más frías, en ese ciclo de constante cambio que es lo que define, en el fondo, nuestro clima. Pero, a pesar de ello, no podemos olvidar que los cambios del estadio *Icehouse* al *Greenhouse* suelen ser relativamente rápidos, pero a la inversa suelen durar más: la Tierra puede calentarse rápidamente, pero tarda más en enfriarse.

Recapitulando

Con esto entramos en el último eón, en el que vivimos en la actualidad: el Fanerozoico. Fue entonces cuando empezaron las sucesiones de los primeros y grandes cambios climáticos, y enseguida daría comienzo un régimen donde este patrón de alternancias entre épocas cálidas y frías se haría más palpable y hasta regular. Y, además, las consecuencias de las distorsiones del clima serían también más notorias, pues sería también el momento en el que más vida habría en la Tierra para constatar su efecto.

Acabamos de repasar la historia de la Tierra hasta este instante, cuando la vida empieza a reclamar para sí el planeta a inicios del eón Fanerozoico, en la era Paleozoica. Luego vendría la era Mesozoica, la de los dinosaurios, que ya hemos visto y que termina hace 65 Ma, dando comienzo entonces la era que se prolonga todavía, la Cenozoica. En esta hay muchos periodos, pero vamos a saltar directamente al último, el Cuaternario, porque ahí se va a dar otra influencia decisiva. Era una etapa de la Tierra con temperaturas más bajas que las actuales, con más hielo y mucho más frío. Y en aquel desapacible escenario aparecerá un nuevo actor que nos resultará familiar: el hombre.

4

LA VIDA EN UN MUNDO GÉLIDO

Hace dos años, pasando el verano en Cantabria, visité con mi familia la cueva de Altamira, como tantos otros turistas hacen en un día de sus vacaciones. Habíamos reservado las entradas varias semanas antes a través de la página web, como aconsejan hacer desde la dirección del museo para asegurarte el acceso a la réplica de la cueva original y los talleres que tanto encantan a los más pequeños. Aquel día, por tanto, no lo habíamos elegido, pero coincidió con uno que amaneció nublado y enseguida se tornó lluvioso. La lluvia, constante y a ratos fuerte, nos acompañaba desde antes del mediodía, y la temperatura no llegaba a alcanzar los 14 °C a pesar de ser un día de agosto. El mar se había levantado frío: unos valientes amigos habían bajado a darse un chapuzón matinal en la playa de La Maruca, a las afueras de Santander, y encontraron el agua gélida. El termómetro acuático que uno de ellos se bajó y que esgrimió como aliado o coartada para justificar ese día su pronto abandono del tradicional baño matutino marcaba 12 °C. Nosotros, nada más llegar al aparcamiento de la Cueva-Museo, comprobamos lo bien que habíamos hecho en garantizarnos el acceso previamente: nos costó aparcar el coche y había largas colas en los mostradores que despachaban las entradas para el mismo día; decenas de familias, no pudiendo tener hueco para ningún turno de la visita de la cueva, se conformaban con dar varias vueltas por la sala de exposición. Y por supuesto, la cafetería estaba a rebosar. Imposible pedir ni un café, a pesar de lo mucho que apetecía algo caliente.

La guía del museo que nos acompañó un poco después, serena y profesional, lo tenía claro: «Con el día que se ha preparado hoy, toda la gente que ayer estaba en el Sardinero se ha venido para acá». Desde luego, con este tiempo desapacible de lluvia, viento frío y bajas temperaturas no apetecía nada estar en

la playa, ni siquiera en cualquier otro lugar al aire libre. Y el mejor plan para llenar el día de vacaciones era buscar alguna actividad en un sitio cerrado, como la visita a la cueva. A los primitivos humanos que la estuvieron habitando desde hace 35.000 años les debió pasar algo parecido. No es que fuera lo que más les apeteciera, es que prácticamente no tenían otra alternativa: en la mayor parte de los 22.000 años que la cueva estuvo ocupada, las temperaturas del aire y del mar eran bastante más bajas y rigurosas que las de aquel día de agosto de 2015. Eran, de hecho, los días más fríos del último periodo más frío de la historia de la Tierra: el máximo glacial de la última glaciación.

Vivimos en una glaciación

Como veíamos al final del capítulo anterior, actualmente estamos en una era glacial; así llamábamos a las épocas en que hay hielo sobre la Tierra, que, como dijimos, no son todas. Las primeras eras glaciales o glaciaciones ocurrieron hace 2000 Ma, pero también han tenido lugar otras más recientemente, apenas unos cientos de miles de años atrás. A estas últimas las denominamos glaciaciones del Cuaternario, que se enmarcan dentro del periodo de enfriamiento que inició la Tierra hace 2,5 Ma y en el que todavía estamos.

Dentro de ese gran espacio temporal con una marcada tendencia hacia temperaturas más bajas se va dando a su vez una alternancia entre glaciaciones y periodos interglaciares, y ahora mismo estamos en un periodo interglaciar de esa última gran glaciación, que conocemos con el nombre de Holoceno. Eso significa que la Tierra camina hacia un nuevo periodo glacial, lo próximo que nos toca siguiendo la lógica geológica, pero no sabemos si llegará dentro de miles, decenas de miles o cientos de miles de años, ni tampoco cómo responderá antes de eso un clima alterado por las emisiones de CO₂ producidas por la actividad humana. Pero de eso trataremos más a fondo en la última parte del libro.

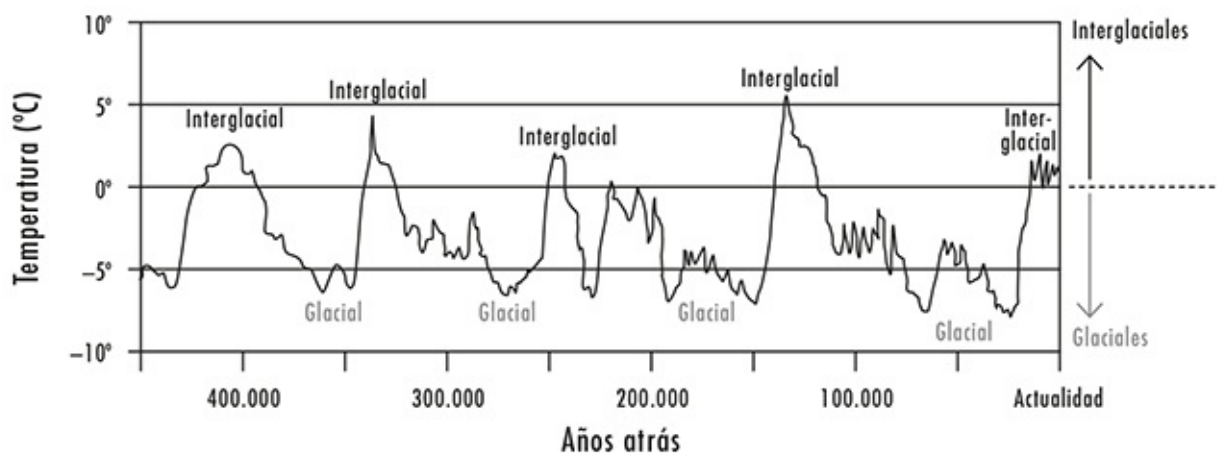
Al igual que ocurría con la sucesión de escenarios *Icehouse* y *Greenhouse*, dentro de los últimos 800.000 años las glaciaciones y los periodos interglaciares se han ido alternando, pero, esto es lo más curioso, lo han hecho de manera casi cíclica. Hay una glaciación cada 100.000 años, superponiéndose a otras que parecen repetirse en ciclos de 41.000 y 21.000 años. Entre una y otra tenemos el periodo interglaciar, en el que las temperaturas van recuperándose respecto al

periodo anterior y en la Tierra va disminuyendo la cantidad de hielo sin llegar a desaparecer del todo.

El último de esos periodos interglaciares, en el que actualmente nos encontramos, se inició hace 11.700 años. Antes de esa fecha ya había humanos sobre la Tierra: de hecho la expansión del *Homo sapiens* estaba en pleno apogeo, y tuvo que hacer frente a las rigurosas condiciones del clima glacial. De ahí las pieles y las cuevas. Enseguida conoceremos cómo era el mundo en el que vivían nuestros antepasados y la influencia decisiva que tuvo el clima en aquellas primeras vidas, pero antes sepamos por qué se producían esas glaciaciones, otro de los mecanismos fundamentales de esta máquina climática que vamos conociendo mientras recorremos la historia de nuestro planeta.

Coincidencia cósmica

Vimos en el primer capítulo la importancia de la radiación solar en el sistema climático. De ahí nace todo: los ingresos de energía provienen del Sol, que incide en unas zonas más que en otras y también durante unos meses más que otros. De esa diferencia de radiación y de la manera en la que se va distribuyendo el calor para equilibrar el sistema es de donde surge el clima que depara el tiempo que tenemos a diario. Por tanto, la manera en la que Sol incide sobre la Tierra no es la misma a lo largo de todo el año. Pero es que tampoco ha sido la misma a lo largo de miles de años, debido a unos cambios en sus movimientos de rotación y traslación que se suceden de forma periódica. Son los llamados ciclos de Milankovic, el astrónomo serbio que los calculó. Tras hacer la medición de cómo variaba la inclinación del eje de la Tierra, el que nos permite tener estaciones, comprobó que su *oblicuidad* va cambiando cada 41.000 años. También analizó el cabeceo que hace nuestro planeta cuando va girando como una peonza sobre su eje, llamado *precesión*, y vio que completaba un giro cada 23.000 años. Y finalmente constató que el camino que lleva la Tierra alrededor del Sol, unas veces más circular y otras más elíptico, varía cada 100.000 años, y por lo tanto también es distinta su posición respecto a nuestra estrella. El resultado, reparando en las cifras, es asombroso: los cambios en la oblicuidad y la precesión del eje de la Tierra y en la excentricidad de su órbita coinciden casi con exactitud con los ritmos de las glaciaciones.



Evolución de las temperaturas durante las glaciaciones del Cuaternario. Ciclos glaciales e interglaciales hace 450.000 años.

Última glaciación

Hace 115.000 años comenzó la última glaciación. El Sol calentaba menos: la excentricidad de la órbita, mayor que la actual, y la inclinación del eje, en este caso menor, se aliaban para que llegara menos insolación, sobre todo en los meses de verano. Las nieves que habían caído durante el invierno en el norte de América, lo que hoy sería Canadá, comenzaban a resistir y permanecían también durante las estaciones cálidas, sin desaparecer del todo. Cuando llegaban las nevadas del siguiente otoño, el suelo no necesitaba enfriarse y volvían a cuajar con facilidad, aumentando rápidamente el grosor de la capa nevada.

Con mayor cantidad de nieve, mayor era también la cantidad de radiación que el planeta reflejaba a la atmósfera, un calor que por lo tanto se escapaba. Y la circulación oceánica remaba en el mismo sentido. Se había iniciado el último periodo de frío intenso en la historia de la Tierra: la glaciación de Würm, que en América recibe el nombre de glaciación de Wisconsin.

El periodo más frío

El enfriamiento en los primeros años fue bastante rápido, como suele ocurrir en los cambios climáticos, que se disparan en apenas unos siglos y se tarda milenios en recuperar el estadio previo. Por ello, el paisaje cambió radicalmente en el norte de Europa. La vegetación de especies de temperaturas templadas como

avellanos o carpes fue reemplazada por los bosques de pinos y abedules ¡en apenas un siglo! Pero al menos todavía había árboles: unos miles de años después solo habría hielo y tundra en esas regiones. En esa primera parte de la glaciación el clima aún era benigno en el Mediterráneo, pero con el transcurrir del tiempo sigue depositándose la nieve y avanzando el hielo. Con el aumento del volumen de agua helada, baja el nivel del mar, que se sitúa unos setenta metros por debajo del actual. Y aún quedaba lo peor.

El último máximo glacial, el periodo más extremo dentro de la última era de frío intenso, se desarrolló entre hace 26.000 y 19.000 años. Entonces el nivel del mar baja aún más, doblando la situación anterior para llegar hasta los 120 metros de diferencia con el que nosotros conocemos. La temperatura media en la Tierra llegó a ser entre 4 °C y 6 °C más baja que la actual, y entre 7 °C y 9 °C en amplias zonas. La anomalía es dispar según las regiones: se cree que en Groenlandia podrían haber sido hasta 20 °C inferiores a las actuales, mientras que en los trópicos la diferencia era menor, únicamente unos 3 °C por debajo. En cualquier caso, si ahora, con una temperatura media de 15 °C, no es difícil llegar a -10 °C en invierno en muchas zonas, en aquella época no serían inusuales los -20 °C.

El agua del océano en su conjunto se enfrió hasta 5 °C, llegando al doble en las aguas superficiales del Atlántico norte. Groenlandia estaba completamente cubierta de hielo, pero también lo estaban Islandia y las islas británicas, desde donde el casquete glacial se extendía hasta las islas Svalbard más al norte, pasando por toda Escandinavia. Los glaciares de los Alpes y los Pirineos alcanzaban su máxima extensión, y el suelo congelado o permafrost ocupaba el 40 % del territorio continental.

Al otro lado del Atlántico, el casquete polar se extendía por la mayor parte de Norteamérica, cubriendo toda Canadá y gran parte del centro y el este de los Estados Unidos. En lo que hoy es Central Park, en Nueva York, se han encontrado vestigios del casquete polar. La cota de las nieves perpetuas se situaba, de media, 900 metros por debajo de la que tienen ahora, y el volumen de todo el hielo presente en la Tierra de hace 25.000 años triplicaba al que tenemos actualmente.



El mundo durante el último máximo glacial, hace unos 18.000 años.

El contraste entre grandes masas de aire, o gradiente térmico, generaba a su vez vientos más fuertes que erosionaban las grandes áreas continentales, y las lluvias estaban desigualmente repartidas. Probablemente abundantes en el Mediterráneo durante este periodo, escaseaban en el centro de África o de Sudamérica, donde la aridez reinaba y los desiertos crecían. En esta época el Sáhara se expandía, las sabanas ganaban terreno a las selvas en los trópicos, las tundras se extendían por las latitudes medias y la nieve reinaba en las altas. Era un mundo raro.

Y en aquel paisaje de hielos y desiertos empezaron a reclamar un papel protagonista unos actores hasta entonces secundarios o incluso de reparto en la historia de la Tierra: los homínidos.

La evolución en un minuto

Cuando hace cuatro millones de años, bajo los árboles de la sabana del este de África, el primer *Australopithecus* puso un pie delante del otro sin apoyar las manos, dio un primer paso para el hombre y un gran salto para la humanidad. El hombre aún no era el que conocemos actualmente y faltaba mucho para acuñar el concepto de humanidad, pero la marcha bípeda iniciada por el *Australopithecus* sí que fue un paso de gigante para la evolución. El siguiente sería la destreza para ejercitar ciertas habilidades con lo que se tenía más a mano, que eran básicamente piedras, con el auxilio de la mayor capacidad que empezaba a otorgar un cráneo más grande. Era el *Homo habilis*, y con él nacía la Edad de Piedra o Paleolítico hace 2,5 Ma. Un millón de años más tarde, el *Homo erectus* consolidaba la postura erguida y los cambios en la anatomía que facilitaban por primera vez una manera de caminar semejante a la actual gracias a la aparición del arco en la planta del pie. El rastro de los primeros homínidos nos lleva como vemos hasta muchos millones de años atrás. Lejanos son también los humanos arcaicos o pre-sapiens, como el *Homo antecessor*, que vivió en Atapuerca hace 900.000 años, el *Heidelbergensis*, el *Rhodesiensis* o el *Neanderthalensis*. Este último, el Hombre de Neandertal, habitó Europa y parte de Asia desde hace 230.000 años y hasta hace 28.000, fecha en la que se le pierde el rastro y que coincide justo con el máximo frío glacial. Pero no parece que las condiciones climáticas tuvieran que ver en la desaparición de una especie acostumbrada desde su origen a vivir en un ambiente hostil. Estaban bien adaptados al clima glacial, por lo que se apuntan antes otras hipótesis, como la hibridación o la competencia con el *Homo sapiens*, la otra especie que por aquel entonces vivía en esas mismas condiciones y que las superó. De hecho, ha llegado hasta hoy en día: todos los humanos actuales descendemos de aquellos hombres primitivos que vivían en un mundo gélido y que, justo durante los años más fríos, comenzaron a moverse para poblar todos los continentes.

Nómada a la fuerza

Los restos más antiguos conocidos de *Homo sapiens* datan de hace 195.000 años y se encontraron en Etiopía (hombres de Kibish). Se cree que hace unos 90.000 llegó hasta tierras de Oriente Medio, donde se encontró por vez primera con el *Neanderthalensis*, que bajaba desde el norte de Europa huyendo de los hielos que habían empezado a extenderse hacia el sur. La fecha coincide con la primera parte de la última glaciación, como hemos visto antes. Esta característica acompañaría al hombre primitivo en los milenios posteriores: el moverse de un lugar a otro, las constantes migraciones. Y es que, como a todos los migrantes, no le quedaba más remedio. O nómada, o nada.

El clima tuvo una influencia decisiva. Es cierto que la región donde surge la especie estaba libre de hielos; es más, probablemente sufrió una intensa desertización. Pero ya sea por el avance del desierto en la franja central de África o por el de los hielos en el norte de los continentes, lo que no dejaban de menguar eran las fuentes de alimentos. Estudios del ADN mitocondrial confirman que el *Homo sapiens* comenzó a salir de África hace unos 70.000 o 60.000 años, y ya no paró de extenderse por todos los continentes.

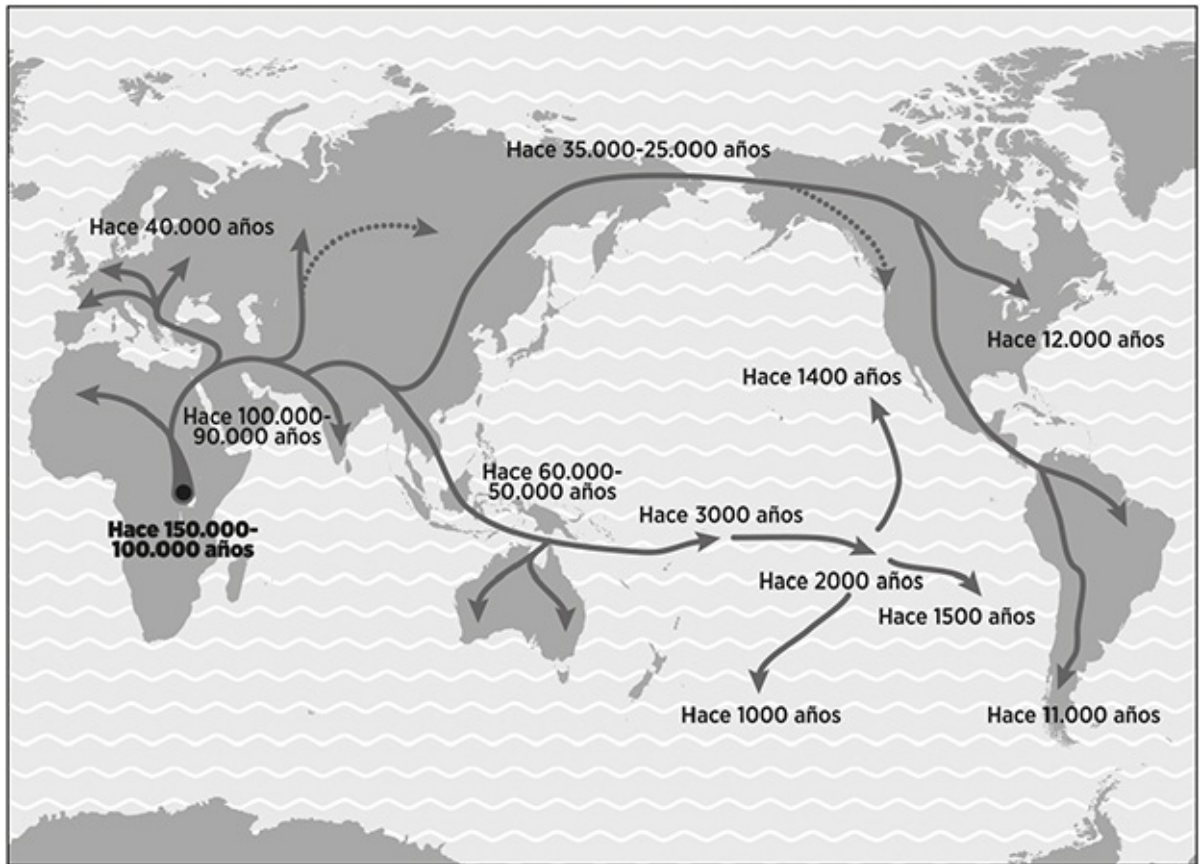
Aquí el clima tuvo también otra influencia más silenciosa: ayudó a los primitivos humanos en sus migraciones, facilitando el tránsito entre zonas continentales que ahora quedan separadas gracias a la bajada del nivel del mar de la época más fría de la glaciación.

El clima tiende puentes

Como hemos dicho, hace unos 30.000 años el nivel del mar estaba 120 metros más bajo que en el presente. O dicho de otro modo, las costas se alargaban y se adentraban en el mar decenas o centenares de kilómetros, convirtiendo ese territorio antes ocupado por el agua en una tierra seca por la que poder caminar. Es como lo que ocurre en las playas de Cádiz, Canarias o el Cantábrico con la bajamar de los días de mareas vivas, cuando las playas crecen casi el tripe que con la subida de las aguas, ganando terreno a un mar que se va retirando.

Imaginad ahora el mismo efecto, pero durante miles de años y multiplicado por cien. Así, durante el último máximo glacial el continente asiático quedó unido a las islas de Java, Sumatra y Borneo, y estas al archipiélago de las Filipinas. Desde Australia se podía ir hasta Papúa Nueva Guinea por tierra. En Europa, el Canal de la Mancha no tenía agua, con lo que las islas británicas estaban unidas al continente: sí, hubo un tiempo en que Inglaterra y Francia

estuvieron unidas. Pero también, entre la tundra y el hielo, se podía seguir por tierra hasta Escandinavia, y emergieron zonas antes cubiertas por aguas poco profundas en la región de Beringia, entre Alaska y Siberia: los continentes de Asia y América quedaban unidos. Cuando las grandes poblaciones de *Homo sapiens* estaban en marcha en su proceso migratorio, encontraron estos puentes naturales que eliminaban barreras orográficas, facilitando el tránsito de unas tierras y unos continentes a otros.



Grandes migraciones del *Homo sapiens*.

Hace 40.000 años, como resultado del proceso migratorio, y después de haberse extendido por todo el mundo llegando hasta Asia, Australia y América, el *Homo sapiens* llega a Europa del Este en una primera migración. En una segunda oleada, procedente de Oriente Medio, recala en el sur y el oeste europeo: es de este grupo del que, según recientes estudios genéticos, desciende el 80 % de los actuales europeos. Ocurrió hace 22.000 años y en pleno máximo glacial, en mitad de las condiciones frías y el clima inestable y extremo que

hemos descrito antes. Justo en estas fechas, en el periodo más frío de la época más fría, nuestros primeros abuelos llegaban a casa. Más tarde, hace 9000 años, cuando llegue un clima más favorable en el Neolítico, se producirá una tercera migración que se expandirá por el resto de Europa. Pero solo el 20 % de sus habitantes actuales llevan marcadores genéticos que los relacionen con los que llegaron entonces.

Con el erial de la tundra cubriendo desde los Pirineos hasta el este de Europa y con el manto de hielo trazando una barrera infranqueable más al norte, la zona más benigna acabaría siendo el sur de Francia, los Balcanes... y la península ibérica. Y aquí, cobijado en cuevas, el *Homo sapiens* europeo buscaría el refugio adecuado para combatir las inclemencias de esos días fríos, quizá esperando el paso del tiempo y que llegaran condiciones mejores. Y quizá en esta espera se pusieran a dibujar en las paredes de los refugios que ocupaban, como los pingüinos que los habitantes prehistóricos de hace 20.000 años pintaron en la cueva Çosquer, en Marsella, señal de que los tendrían cerca. O como esos bisontes que ahora, 20.000 años después, contemplo con mis hijos en la cueva de Altamira, en un frío día de agosto que, después de lo que hemos visto, ya no nos parece tan despacible.

El CO₂ del *Homo sapiens*

Estos hombres prehistóricos vivieron en un mundo muy frío, con tres veces más volumen de hielo que en la actualidad, temperaturas 6 °C de media más bajas — y en ocasiones hasta 20 °C—, fuertes vientos cortantes y lluvias asimétricamente repartidas. Pero vivían, eso sí, en una atmósfera con la mitad de CO₂ que en la actualidad. En la última glaciación la concentración media era de 200 ppm, y en el máximo frío glacial de apenas 180 ppm. Actualmente el máximo llega a 400 ppm. Que hubiera menos CO₂ en la atmósfera se explica, además de porque había menos aportes, por la mayor capacidad de retención de dióxido de carbono que propiciaban esas condiciones climáticas. Los océanos eran más fríos, lo que facilitaba la disolución del CO₂ (la solubilidad es mayor cuanto más baja la temperatura), y también eran más fértiles, gracias a los nutrientes que aportaba el polvo que llegaba hasta el mar viajando en el viento —como actualmente con la calima—. Con un mayor número de organismos vivos nadando en sus aguas, como el fitoplancton, había también una mayor cantidad de consumidores de

CO₂ para arrebatárselo a la atmósfera. Y el metano tampoco se liberaba, al permanecer congelado el suelo que lo mantenía atrapado.

Todo esto viene perfectamente datado en las burbujas de aire que se encuentran conservadas en los lugares más fríos del planeta, como Groenlandia o la Antártida. Allí, como vimos al comienzo de este libro, se extraen grandes cilindros de hielo de más de 3 kilómetros de profundidad, y en algunos se han hallado burbujas de aire atrapadas y aisladas de la atmósfera, que contienen por tanto el aire prehistórico en su interior. Es maravilloso, pues se puede analizar directamente la composición de aquella atmósfera. También contamos con otros métodos de datación basados en el hielo igualmente fascinantes: el análisis de su grosor en las capas estratificadas, que habla de las precipitaciones; el polvo suspendido en él, que habla de los vientos; la composición química del hielo en sus isótopos de oxígeno e hidrógeno, que da información de la temperatura. Y los resultados también son sorprendentes: hay una correlación casi exacta entre los periodos fríos y los que no lo fueron tanto con la menor y mayor concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

De este periodo de las glaciaciones queda la constancia de esa íntima relación entre los gases y las temperaturas, la conexión entre todos los elementos del sistema climático y la forma en que unos van realimentando a los otros para sumar en el mismo sentido: la menor radiación solar por las variaciones en los elementos de la órbita Tierra-Sol (excentricidad, oblicuidad y precesión) se une al aumento del albedo, la menor capacidad de retener energía de una Tierra cubierta por mayor cantidad de color blanco, que a su vez es potenciado por una corriente marina transportadora que se ralentiza y distribuye menos calor. Cada uno en su ámbito, pero todos unidos y relacionados para sumar en una dirección: enfriar el clima.

Coletazos del frío

Hace unos 19.000 años se inicia la deglaciación: los elementos de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, con sus ciclos periódicos, vuelven a cambiar, y tenemos más radiación solar durante el verano en el hemisferio norte. Con menos nieve, el albedo es menor, y aumenta la cantidad de radiación que puede quedar retenida. La corriente termohalina reanuda su actividad, y aguas cálidas llegan al Atlántico norte suavizando las temperaturas. Ahí, al transferir calor al aire, el agua se enfría, desciende a los fondos marinos al ser más pesada e inicia un

camino hacia el resto de océanos mientras se va calentando. Los elementos del sistema del clima vuelven a encajar y realimentarse pero ahora en otro sentido: el calentamiento.

El proceso dura apenas varios miles de años. Los científicos acuerdan con bastante exactitud fijar el fin de la glaciación —y con ello el comienzo del periodo interglaciar en el que nos encontramos, el Holoceno— hace 11.700 años. Un poco antes, el frío aún habría de darnos un susto, una sacudida final.

Es el llamado Dryas Reciente o Joven Dryas, que se considera el último cambio climático súbito de importancia: hace 12.900 años y en tan solo unas décadas las temperaturas bajaron hasta 6 °C de media respecto a la anterior etapa ascendente, y en apenas un siglo grandes zonas de Norteamérica y el norte y centro de Europa volvieron a ver cómo se extendía el hielo y regresaba el frío que habían sufrido en el máximo glacial. Y todo de un modo completamente repentino. Se apunta como causa que, al fundirse el manto de hielo que cubría Norteamérica con el ascenso de las temperaturas, entró en el océano Atlántico una importante cantidad de agua dulce que redujo la salinidad del mar y volvió a frenar la corriente termohalina: la gran cinta transportadora de calor volvió a dejar de transportarlo, o al menos lo hizo de manera más lenta, y el clima se enfrió de nuevo. Este último coletazo glacial es también la lección más reciente que podemos encontrar de la gran sensibilidad de nuestro sistema climático a lo que ocurre en los polos, y en especial con los hielos del Ártico.

Acabó el Dryas Reciente y acabó el Pleistoceno. A partir de aquí la Tierra ha tenido el clima más estable y benévolo de toda su historia geológica, y es también cuando empezarían a llegar los grandes avances de la civilización. En estos siglos que vienen el clima va a seguir ejerciendo su influencia, aunque quizá no tan determinante para la vida y de una manera más silenciosa. Pero ahora ya será la propia historia la que se verá influida por las condiciones y los cambios climáticos que, sin ser tan drásticos, también hemos tenido en nuestra más reciente historia. La siguiente parte del libro nos llevará por algunos episodios de la historia donde podremos detectar esa influencia silenciosa.

SEGUNDA PARTE

La influencia silenciosa

5

EL GRAN CALENTAMIENTO

Puede que estés leyendo este libro tras regresar a casa en mitad de una ola de frío, buscando el abrigo de la calefacción después de que el viento gélido te atravesase la piel de la cara, probablemente la única zona de tu cuerpo expuesta al aire. O quizá, aprovechando la vacación estival, estás leyendo estas líneas junto a la piscina y a la sombra, donde ni siquiera se puede estar a gusto en esos días de intenso calor en los que los 40 °C parecen no dar tregua. Ya sea en el crudo invierno o en plena ola de calor, seguro que estas condiciones no te parecen tan inclementes después de lo que has leído ya. En el caso de que sea invierno, piensa en los gélidos y eternos inviernos del capítulo anterior y puede que ya no parezca para tanto. Realmente no lo es: este momento de la historia de la Tierra y del clima en el que nos encontramos es, probablemente, el periodo más amplio en el que la humanidad ha disfrutado de condiciones climáticas benignas. Aunque se sigan dando olas de frío y de calor y fenómenos atmosféricos severos, el clima entró hace 11.700 años en una etapa mucho más sosegada que las precedentes, y ese ciclo se prolonga hasta nuestros días. Ese cambio, además, se dio en un periodo de tiempo tan corto que aún sorprende la rapidez con la que la Tierra logró calentarse tras las intensas glaciaciones que había sufrido en los momentos inmediatamente anteriores.

El gran calentón

Hace 11.700 años entramos en el Holoceno, periodo en el que aún nos encontramos en la actualidad. El paso de la glaciación a este periodo cálido fue realmente rápido, en comparación con lo que nos tenían acostumbrados los

anteriores cambios climáticos. En tan solo unos siglos, la temperatura media del planeta subió unos 5 °C o 6 °C, cuando antes un cambio de esas características se producía a lo largo de varios milenios. La subida en Groenlandia, siempre más sensible a los cambios, fue mayor, de hasta 10 °C: su temperatura alcanzó entonces una media solo 5 °C menor que en la actualidad. ¿Dónde está la causa de este gran calentamiento o súbito calentón que nos metió de lleno en el Holoceno? De nuevo debemos buscar la respuesta en la conjunción de varios motivos, pero, sobre todo, en una nueva variación de la radiación solar que nuestro planeta recibe en verano en el hemisferio norte. Es decir, que los ciclos de Milankovic que vimos en el capítulo anterior iniciaron una nueva fase, en este caso en la llamada *precesión* del eje.

Con un aumento de la radiación en los meses de verano, la cubierta de hielo del Ártico y Groenlandia dejó de resistir todo el año y comenzó a menguar en los meses más cálidos, como hace ahora. Al reducirse la superficie blanca sobre la Tierra, menor era la cantidad de radiación que se reflejaba hacia el exterior (el denominado albedo del que hablamos en el primer capítulo) y mayor el volumen de calor disponible para que los océanos lo distribuyeran por el planeta. Como resultado de la conjunción de todos estos factores sube el nivel del mar, llueve más y aumentan las zonas de lagos y humedales, que permiten la liberación del gas metano, de potente efecto invernadero. También la concentración de CO₂ aumenta en esas fechas de 180 a 260 ppm, aunque todavía queda muy lejos de la situación actual (los ya mencionados 400 ppm).

Al aumentar el calor retenido subía la temperatura, pero con mayor insolación veraniega también eran más frecuentes y profundas las borrascas en verano, conocidas en meteorología con el nombre de «baja térmica». En España tenemos habitualmente alguna baja térmica en los meses de julio y agosto, sobre todo en zonas de La Mancha o Andalucía, cuando tras varios días de cielos despejados y encadenando máximas de 38 °C o 40 °C se trasfiere el calor al suelo por conducción y se genera una zona de bajas presiones. En este caso apenas suele llover porque no hay humedad, y tan solo se levanta viento o tenemos tormentas secas. Pero si esas bajas térmicas tienen cerca una masa de agua donde «succionar» su vapor, ya sí tendríamos el aire lo suficientemente saturado como para producir precipitaciones. Y eso es lo que pudo ocurrir en aquella Tierra de hace 8000 años, cuando nuestro planeta se calentó muy deprisa y, además de subir la temperatura, también aumentaron las lluvias.

El Sáhara era un vergel

La frecuencia y distribución de estas lluvias, en cualquier caso, no era uniforme por todo el planeta. En el norte de Europa parece que no fueron tan abundantes, pero el Mediterráneo, Oriente Medio y el África tropical sí tenían un clima muy húmedo, de lluvias abundantes. Los grandes cinturones climáticos ya estaban más o menos en la misma ubicación que en la actualidad: dos polos fríos, una región más templada en latitudes medias y una zona más cálida y húmeda a la altura de los trópicos y el ecuador. En esa última franja se encuentra, como todos sabemos, el gran desierto del Sáhara, donde desde luego el clima no es nada húmedo en la actualidad, sino todo lo contrario. Pero el Sáhara no siempre ha sido ese inmenso océano de arena y polvo que es hoy en día, ni tampoco la península arábiga esa reseca bota amarilla que vemos ahora desde las imágenes de satélite o en Google Maps. Hace 6000 años, estos dos actuales ejemplos paradigmáticos del clima desértico eran en realidad inmensos vergeles.

En ese momento el nivel del mar, que desde el fin de la glaciación llevaba un buen ritmo de subida de varios metros por siglo, estaba 120 metros más alto que en la actualidad. Además, el Sol calentaba en verano un 6 % más de lo que lo hace ahora (desde el inicio del Holoceno hasta el presente la insolación veraniega ha disminuido aproximadamente un 8 %) y las borrascas o bajas térmicas no solo eran más frecuentes: tenían también una masa de agua cerca con la que convertirse en auténticas máquinas de producir lluvia.

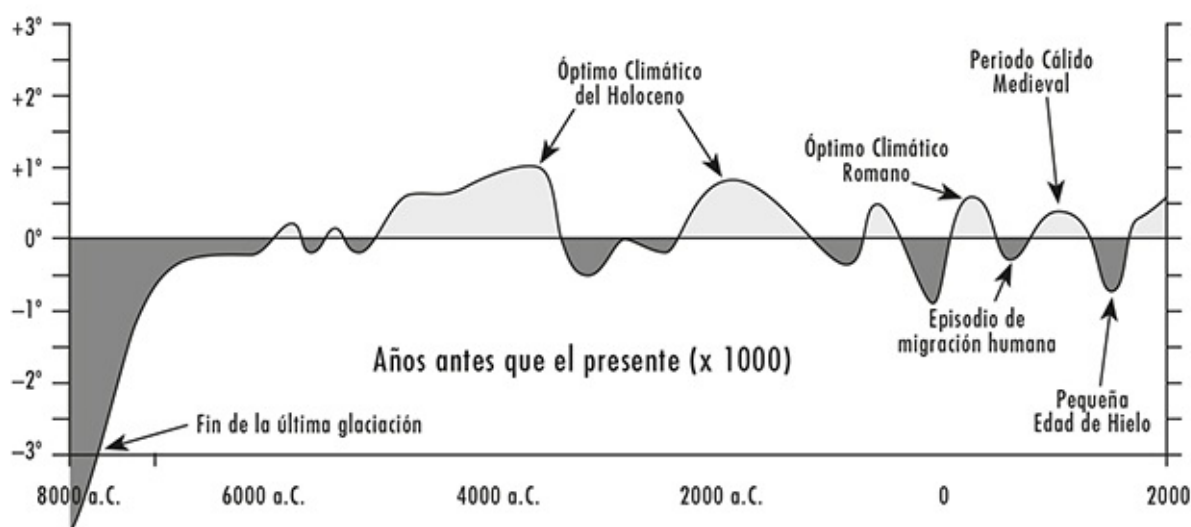
En estas latitudes tropicales la lluvia se da a lo largo del año por estaciones, con largos periodos húmedos llamados monzones que alternan con otros secos. En aquel tiempo, hace 6000 años, los monzones podrían haber sido más duraderos y penetrantes y llegar incluso hasta el Sahel, el corazón del Sáhara. Con mayor cantidad de calor y alta humedad ambiental, esas borrascas térmicas del verano ya no serían secas como ahora, sino potentes trenes de precipitación. Y con agua abundante, la flora crece y la vida se expande. La vegetación tropical se desparramaba por lo que hoy es un desierto, y las especies propias de la selva ecuatorial de África se extendieron hacia el norte y hacia el sur, ocupando quince veces más terreno del que abarcaban durante la anterior época glacial, que fue para ellas una época de resistencia. Ahora estaban en «su momento», con días de calor y lluvias copiosas: los ingredientes favoritos de las especies tropicales, tanto de flora como de fauna.

Por el Sáhara de hace 6000 años corrían los ríos y había grandes lagos. En sus aguas nadaban tortugas de agua dulce y en sus orillas bebían los hipopótamos,

vigilados de cerca por los cocodrilos. Los humanos que allí vivían se alimentaban de moluscos fluviales, peces y tortugas de agua dulce. Así lo confirman numerosos restos hallados en esta zona del mundo donde ahora caen apenas 30 l/m² de precipitación ¡en todo el año! Cuesta imaginar una vida tan exuberante en el que hoy es el mayor desierto del mundo.

Pero este jardín del Edén no era posesión exclusiva del continente africano. También en América se han detectado sedimentos que indican un mayor caudal en los ríos venezolanos de esa época, y del mismo modo en Asia las lluvias, e incluso las temperaturas, eran superiores a las de hoy en día.

Aquel periodo se conoce como Óptimo Climático del Holoceno, y se ha datado entre hace 7500 y 5200 años. Con mayor humedad y calor y con más CO₂ disponible para su fotosíntesis, los bosques frondosos y las exuberantes selvas tropicales se extendían por el mundo. Salvo para los célebres mamuts, que preferían las condiciones de la glaciación (es de hecho en este momento cuando su número empieza a disminuir hasta su total extinción), era un mundo ideal: agua y madera disponible en todos lados, frutos y caza abundante... De manera silenciosa, el clima estaba influyendo con sus condiciones más cálidas para que la vida se pudiera extender por el planeta. Pero, paradójicamente, el paso más decisivo para la historia del hombre se iba a dar justo después, cuando el clima comenzó a enfriarse y las lluvias empezaron a escasear y a espaciarse. Tras el súbito calentamiento llegaría la aridez, y los vergeles se iban a transformar en los actuales desiertos. Y cuando el hombre tuvo que buscarse la vida, surgió la civilización.



Temperaturas medias de la superficie del hemisferio norte durante los últimos 11.000 años. Puede

observarse el gran calentamiento conocido como Óptimo Climático del Holoceno, así como las alteraciones climáticas más reseñables que veremos en los capítulos siguientes.

6

ARIDEZ Y CIVILIZACIÓN EN MESOPOTAMIA

El teniente Pérez se sacude el polvo de las botas antes de prepararse un té bien frío. Es lo que más le apetece tras cinco horas de patrulla por las polvorientas calles y los alrededores de Nasiriya, en Irak, donde la Guardia Civil española tiene destinado un destacamento desde el año 2014. Esta ciudad iraquí se encuentra a escasa distancia de la vecina Diwaniya, que está pocos kilómetros más al norte y es donde se desplegaron los soldados españoles durante la ocupación de Irak en 2003. El desierto reina en esta zona del mundo. El mismo desierto que generó la imponente tormenta de arena que impidió volar a los helicópteros apaches en marzo de 2003, cuando 4000 marines del ejército de los Estados Unidos cruzaban el puente sobre el Éufrates para tomar Nasiriya. Junto a esta ciudad iraquí está el mítico río que fue cuna de la civilización y, a escasos veinte kilómetros, ocultas bajo la arena del desierto, se hallan las ruinas de Ur, el principal emporio comercial de Mesopotamia. Hace 5500 años, las aguas del golfo Pérsico bañaban las orillas de este gran asentamiento urbano de los sumerios, situado en aquel momento justo en la desembocadura del río Éufrates. Aquí arribaban los barcos cargados de mercancías procedentes de Asia, tras navegar por el océano Índico y el mar Arábigo, y desde aquí remontaban el río para distribuir su carga. Hoy en día el mar se encuentra a 250 kilómetros de distancia, y entre medias está la ciudad de Basora, cuya ubicación estaría entonces bajo las aguas del golfo Pérsico. Además, hace esos 5500 años, el Tigris y el Éufrates desembocaban independientes en el golfo Pérsico, mientras que ahora se unen mucho antes y desembocan juntos en las zonas pantanosas del Shatt al-Arab. La cuna de la civilización, hoy un lugar de guerra y desierto, era entonces la reserva fértil de una tierra que había empezado a desertificarse. En esa y otras zonas del planeta, junto al Tigris y el Éufrates o en las tierras bañadas

por el Nilo o el Indo, surgían las primeras civilizaciones de la historia en medio de otro clima y otra geografía.



El área conocida como «Creciente Fértil», cuna de las primeras civilizaciones de la Antigüedad, hace 5500 años. Como puede verse, la ciudad mesopotámica de Ur, un importante centro comercial, se hallaba entonces a orillas del golfo Pérsico.

Enfriando la historia

La civilización surge de la aridez, habíamos sugerido al final del capítulo anterior. Dejamos entonces nuestra historia en ese momento en que termina el llamado Óptimo Climático del Holoceno, periodo en el que las temperaturas fueron ligeramente más altas que en la actualidad y en el que, sobre todo, las lluvias abundaban en Oriente Medio y el norte de África. Pero todo lo bueno acaba, y aquella etapa también lo hizo hace unos 5200 años. Y con un nuevo tipo de clima, no tan cálido y menos húmedo, también fue cambiando el paisaje del norte de África y Oriente Medio, y con él la forma de vida de quienes ya vivían allí. Del vergel íbamos camino del desierto, y los hombres buscaron entonces las zonas fértiles que aún resistían para allí poder prosperar.

Hubo muchas otras causas y quizá otros detonantes. Hablar de uno solo y atribuírselo al clima es caer en el determinismo ambiental, hace tiempo superado. Quienes a diario trabajamos entre mimbres climáticos y meteorológicos sabemos también de la imposibilidad de atribuir a un solo factor los cambios que puedan darse en un sistema. Siempre hay más de uno y, además de la responsabilidad original, son quizá más determinantes las relaciones que se establecen entre esos múltiples factores. Como la propia realimentación de sistema climático a la que me he referido ya en distintas ocasiones: más radiación recibida induce más calor; más calor supone que el hielo se derrita; con menos hielo y nieve la superficie blanca es menor y se refleja menos radiación; con mayor radiación atrapada el calor aumenta más... Todo está relacionado. Y así también con las influencias del clima en importantes momentos de nuestra historia, de las que trataremos en esta segunda parte del libro. La primera se tituló la influencia decisiva porque el clima fue determinante en el nacimiento de la vida en la Tierra y la configuración de nuestra atmósfera. Ahora esta influencia, matizada y en compañía de otras, se presentará de manera más sutil pero igual de efectiva: una influencia silenciosa.

«La repercusión de los cambios del Holoceno medio en el establecimiento y desaparición de las antiguas civilizaciones es materia de discusión —escribe el profesor Uriarte—. Para algunos la humedad favorece el desarrollo económico y social. Para otros, por el contrario, es la aridez la que fuerza a los pueblos nómadas a crear poblaciones densas y sedentarias a orilla de los ríos». Sea de una manera u otra, el clima estaba ahí, ejerciendo su influencia sigilosa, en el momento en que surge la civilización. Y ya no dejará de ejercerla a lo largo de nuestra historia, como comprobaremos en los siguientes capítulos de esta segunda parte.

Más frío y menos lluvias

La aridez llegó en pocos siglos. Las condiciones que habían encajado para que antes subieran súbitamente las temperaturas se dieron la vuelta para empujar al clima en el sentido opuesto. Estamos hablando de hace 5200 años, en torno al 3200 a. C. La Tierra recibe ahora menos insolación en verano, a causa del ciclo orbital, y aquellas bajas térmicas que incentivaban los monzones en África ya no son tan profundas, dando como resultado unas lluvias menos intensas. Con esto, los monzones de verano se debilitaron y la humedad estival ya no llegaba hasta el Sáhara. A partir de ahí, el proceso de aridificación se realimenta y la cobertura vegetal va desapareciendo rápidamente: de la selva a la sabana y de ahí al desierto. Un paisaje muy parecido ya al que conocemos en nuestros días y muy distinto de aquel vergel de hipopótamos, peces y tortugas de agua dulce que fue el Sáhara de hace 6000 años. En Oriente Medio el proceso fue similar y también igual de rápido, reduciendo las zonas fértiles a las orillas de los grandes ríos.

Los asentamientos humanos que habían proliferado en la bonanza del Óptimo Climático del Holoceno, unos milenios atrás, se encuentran ahora con nuevas condiciones ante las que tienen que actuar. Y lo hacen en un doble sentido: primero, agrupándose en torno a los grandes ríos cuya humedad aún puede propiciar tierras fértiles, y, segundo, agudizando el ingenio para conseguir que esos terrenos empiecen a producir los recursos que ahora escasean en el resto de territorios. «Con estos movimientos migratorios y la consiguiente congregación de población en torno a los recursos hídricos se habían sentado las bases principales para el desarrollo social que derivó en las primeras civilizaciones», escribe Martín-Chivelet.

En este periodo se tiene constancia de las primeras civilizaciones que usaban el regadío en Perú, donde sufrieron una situación similar de aridificación hace 4000 años. En el Valle del Indo, en la India, la ciudad de Harappa evoluciona desde una pequeña aldea hace 5500 años hasta convertirse en una gran urbe unos 4600 años antes de nuestros días. También en torno a ese tiempo, junto al río Yangtsé nace la primera civilización urbana de China. Los primeros vestigios de la cultura egipcia proceden de 5160 años atrás, y también de esta misma época son las ciudades sumerias donde habrían de nacer la escritura, el torno y la rueda. Todas ellas civilizaciones incipientes basadas en la agricultura de regadío, todas nacidas en torno a un gran río o incluso en una «tierra entre ríos», que es lo que en griego significa «Mesopotamia».

El Nilo se crece

«Los campos ríen cuando las riberas se inundan», dice una inscripción encontrada en las pirámides y que define toda una civilización. El antiguo Egipto no se entiende sin las crecidas anuales del Nilo, que inundaban de fertilidad los campos y marcaban la diferencia entre la abundancia y el hambre.

De los casi 7000 kilómetros del río Nilo, los egipcios solo ocuparon los últimos 1300. Cada año, más o menos por las mismas fechas pero con diferente volumen, llegaba a esa parte del río la crecida del caudal debido al deshielo y las lluvias que caían más al sur, en las montañas de Etiopía, donde aún llegaban los monzones. Los egipcios, no obstante, situaban el origen de estas benéficas crecidas en la divinidad: el dios Hapi vertía agua en el río una vez al año desde la cueva donde vivía. Por eso se le representa barbudo y con grandes pechos como símbolo de fertilidad, sentado sobre sus rodillas y con un recipiente entre las manos, donde se supone que tiene el agua que vierte en el río para crear las crecidas.

Cuando llegaba el agua de la crecida, todo cambiaba. Las tierras, desérticas y amarillentas el resto del año, se oscurecían con el limo, un barro que fertilizaba los campos, donde ahora se podría plantar. Así es como los egipcios obtenían sus cosechas de cereales, legumbres e incluso algunas hortalizas. Pero lo que más cultivaban y que suponía la clave de su sistema agrario, eran dos cereales: trigo, con el que hacían pan, y cebada para hacer cerveza. El pan y la cerveza eran la base de la pirámide egipcia... de alimentación.

Como había que estar pendiente de la crecida para distribuir los trabajos, este factor natural regía el calendario egipcio y sus tres estaciones: la de la inundación, que coincidía con el verano; la de la siembra y germinación, que vendría a ser el otoño, y la primavera, estación de la siega y recolección.

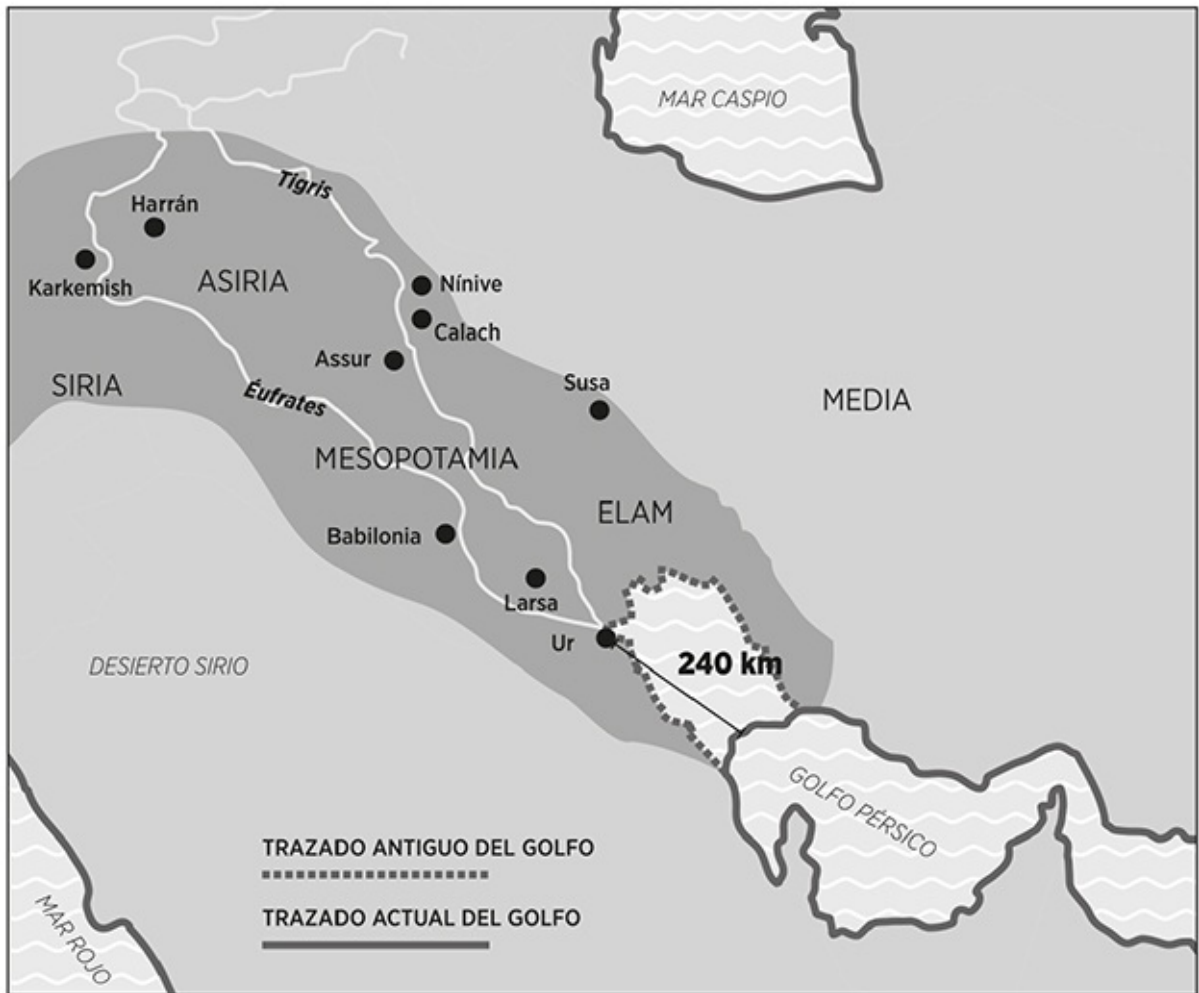
Avanzaron también las pequeñas obras hidráulicas, como canales o pozos, y entre ellos el que daba la medida de la crecida: los nilómetros, que eran una especie de pozos con escaleras descendentes ubicados a lo largo del cauce y a menudo dentro de los templos. Gracias a estas construcciones los sacerdotes iban recopilando la información del nivel que alcanzaba el río y se la pasaban al faraón. Con estos datos, podía anticipar la fecha de la inundación y fijar el día de fiesta con que lo celebraban. Y así quedaba claro quién tenía una relación directa con los dioses: para los campesinos egipcios era Hapi quien se lo chivaba a los sacerdotes.

Este eterno ciclo anual de inundaciones y estiajes que devolvía la fertilidad a unas tierras secas se prolongó hasta la construcción de la presa de Asuán en 1970. Pero ya nunca debió resultar tan mágico ni ser tan determinante como lo fue para aquellos primeros egipcios de hace 5000 años que, huyendo del árido clima, se asentaron en las orillas del Nilo para fundar una civilización.

Sumerios que suman

También a Oriente Medio llegó la aridificación que puso fin al Óptimo Climático del Holoceno (7500-5200 años). Pero por suerte, igual que ocurrió en Egipto, aquí también encontrarían los humanos un territorio fértil donde pudieron agruparse para desarrollar la agricultura: las tierras entre el río Tigris y el río Éufrates, o Mesopotamia, que hoy en día se encuentran en lo que llamamos Irak.

A partir de hace 5200 años el clima empieza a enfriarse respecto al periodo anterior, y las lluvias generosas van desapareciendo de esta zona del mundo. En los siglos posteriores —la aridez llegó muy rápido— es cuando aparecen las primeras ciudades sumerias, que pronto serían convertidas en grandes urbes. Uruk, una ciudad que pone nombre a un periodo histórico, se expande desde hace 5750 años y hasta hace 5150 —fecha de la que datan también los primeros asentamientos egipcios de Hieracómpolis—, y llegó a tener una población de casi 80.000 personas en una superficie de aproximadamente 100 hectáreas. Otras ciudades, como Eridu, Kish, Urik o Umma, van proliferando en esa parte del Creciente Fértil, que es como se ha llamado a esos territorios donde surgieron las primeras civilizaciones y que vistos en un mapa dibujan la silueta de una luna creciente. Y aquí, en las ciudades sumerias, es donde se irá desarrollando la agricultura de irrigación, y junto a ella el arado, pero también el torno de cerámica, la rueda o la escritura: avances que los sumerios sumaron a nuestra historia para que las posibilidades humanas se multiplicaran.



El antiguo «Creciente Fértil» en la actualidad: el desierto se ha adueñado de la zona y ha ganado terreno al mar. Las ruinas de Ur se localizan ahora unos 240 km tierra adentro.

También aquí se encontraba la gran ciudad de Ur, de hace 4500 años, la más floreciente del sur de Mesopotamia, que entonces prosperó rodeada por el Éufrates a orillas del mar y que hoy se encuentra en mitad del desierto, a más de 200 kilómetros del litoral del golfo Pérsico. Y por donde, en esta tarde de 2014 y tras apurar otro té muy frío, volverá a patrullar el teniente Pérez, oficial de la Guardia Civil destinado en Nasiriya.

7

GRECIA Y ROMA, O LA VIDA AL AIRE LIBRE

El 10 de enero de 2017 la capital de Grecia amaneció cubierta por un manto blanco, una escena que los atenienses no veían desde 2008. Tras toda una noche nevando ahora lucía el Sol, y en las imágenes de la televisión sobre el fondo azul del cielo resplandecía la Acrópolis nevada. Llamaban la atención, por inusuales, las imágenes de la nieve sobre el Partenón, blanqueando los naranjos o cubriendo los hombros desnudos de las esculturas de los filósofos. No es habitual que nieve en Grecia en el siglo XXI, como tampoco lo era en la Grecia clásica del siglo V a. C. Las investigaciones sobre el clima hablan de una temperatura media ligeramente inferior a la actual, pero sin demasiadas variaciones. No es, desde luego, la época de la que más estudios climatológicos pueden encontrarse: quizá sea porque el tiempo no dio mucho de qué hablar. Y puede que, despreocupados de graves cuestiones medioambientales, los filósofos griegos pudieran centrarse en temas más profundos y dedicar su tiempo al reto de los asuntos más importantes de la vida. Aunque también la meteorología estaría entre ellos, por primera vez en la historia, gracias a la infinita curiosidad de Aristóteles.

La exhalación seca

A lo largo de sus sesenta y dos años de vida, a Aristóteles (384-322 a. C.) le dio tiempo a interesarse por todo y a escribir sobre casi todo ello. A pesar de que solo han llegado hasta nosotros treinta y uno, se estima que habría podido escribir casi doscientos tratados de diversa índole. La lógica, la metafísica y la

ética, así como la política, la física y la estética, estaban entre sus variadas preocupaciones. Pero también se interesó por la botánica, la biología, la zoología... o la meteorología. De hecho, al filósofo griego le debemos el nombre de nuestra ciencia. Aristóteles era un gran observador, además de teórico, y en su obra *Los meteorológicos* escribió sobre el conocimiento —lógica— de aquello «que se eleva en el aire» —meteoros—. Es decir: meteoro-logía.

Después de escribir un tratado sobre astronomía (*Sobre el cielo*), y antes de enfrascarse en la descripción del mundo animal en su amplia obra de zoología, Aristóteles se entretuvo con el tiempo en *Los meteorológicos*. En realidad, con el tiempo y mucho más, porque en su tratado habla de los fenómenos que se dan en la alta atmósfera pero también de los que suceden en las entrañas de la tierra, como los terremotos. La obra la conforman cuatro libros. En el libro I habla desde la experiencia empírica de fenómenos como el rocío, las heladas o el viento, pero también especula acerca de las auroras boreales y los cometas, y define la evaporación o la precipitación. En el libro II escribe sobre el trueno y el relámpago, y teoriza sobre el origen de los vientos, y en el libro III sobre los halos, el arco iris y otros fenómenos ópticos. El libro IV, por último, habla de los cuatro elementos clásicos —aire, agua, tierra y fuego—, aunque se aparta un poco de lo que hoy se consideraría estrictamente meteorológico. Tampoco nos parece ahora muy ortodoxa la explicación que daba a los fenómenos cíclicos que se dan en la naturaleza, como el frío y el calor o la humedad y la sequedad: para el filósofo griego la clave estaba en lo que llamó la exhalación seca y la exhalación húmeda, de las que dependían las transiciones entre los cuatro elementos.

Tras él, su discípulo Teofrasto (372-288 a. C.) continuó recopilando observaciones del cielo y las alteraciones de la atmósfera en su *Libro de los signos* (*De signis*), e incluso relacionándolos con los cambios del tiempo. Así, podemos hablar de una especie de pronóstico meteorológico basado, por ejemplo, en la observación del cielo al atardecer: según el color que presentara este o las nubes, el día siguiente sería lluvioso o ventoso. Cuando hoy en día algún aficionado a los refranes me recuerda aquello de «Aurora rubia, o viento o lluvia» está utilizando, quizá sin saberlo, una sabiduría antigua que nos viene de los griegos.

La vida al aire libre

Sabemos por la obra de Aristóteles que en su tiempo había tormentas, arco iris, «caídas de rayos, tifones y torbellinos ígneos» (libro I, 339). Gracias a estos tratados y a otros muchos escritos tenemos también constancia de que en la Grecia clásica, como en la actual, había inviernos fríos, y también sol y calor en verano. De la nieve no se habla tanto. Los griegos tenían mucho tiempo para observar la naturaleza y los fenómenos atmosféricos, y podían hacerlo yendo o viniendo de las tareas en el campo, o de los baños y las barberías. O sobre todo en el ágora, donde pasaban muchas mañanas discutiendo sobre la *polis* y demás asuntos que les preocupaban.

Vestían los griegos la túnica o *exómida*, prenda que dejaba un hombro al descubierto, y debajo no llevaban ropa interior. Y cuando hacía frío, se tapaban con el *himatión*, su manto habitual, un rectángulo de lana de una sola pieza con el que se envolvían el cuerpo. Los soldados lo hacían con la *clámide*, de un tejido más tosco y que llevaban sujeto al hombro. Y en los pies, sandalias. No parece que tuvieran un vestuario demasiado preparado para el frío: enfrente tenían unos inviernos quizá como los de ahora, con una temperatura media en enero de 9,5 °C, la más baja de todo el año. En verano, la más alta corresponde a julio, con 27,9 °C de promedio. Sobre los hombros que dejaban desnudos sus antiguas vestiduras, pocas veces verían aquellos griegos esa nieve que en esta ola de frío del siglo XXI decora efímeramente sus esculturas.

Cínicos

No parece que los antiguos griegos tuvieran que soportar un clima extremo, al menos no durante esos siglos de esplendor de la cultura helena —del VII al IV a. C.— que tanta sabiduría legaron para los posteriores. Si bien no fue tan cálido como el que disfrutarían los romanos en el llamado Óptimo Climático Romano, las temperaturas tampoco fueron tan frías como las que tendríamos después en Europa, a partir del año 400 d. C. y hasta aproximadamente el año 1000.

Con un clima extremo como el que entonces vivió Europa, con altibajos bruscos en las temperaturas de un año a otro y con lluvias frecuentes y abundantes incluso en Grecia, habría sido más difícil la expansión de una gran corriente de la filosofía griega: los cínicos. Su nombre provenía del griego *kyon*, que significaba can o perro. Así pues, los cínicos eran los filósofos que llevaban una vida perra, pues destacaban por seguir unos hábitos desapegados de todo lujo material.

Fundada por Antístenes, la escuela tuvo en Diógenes de Sinope (400-323 a. C.) uno de sus más destacados exponentes. Con sus gestos y actitud, más que con discursos, Diógenes postulaba una vuelta a lo natural, sin atender las obligaciones cívicas. Él mismo demostraba que no necesita nada: se cobijaba en una tinaja de barro (el famoso tonel de Diógenes), mendigaba para asegurarse el sustento y se abrigaba, cuando era preciso, con un tosco manto.

Practicaban la *anaideia*, una suerte de desfachatez, desvergüenza o frescura, irreverencias constructivas con las que buscaban denunciar los males de la sociedad ateniense del momento. Así lo transmiten las frases célebres que nos han llegado y que describen por sí solas un modo de pensar y de vivir. Cuenta Diógenes Laercio que Alejandro Magno se encontró con Diógenes «El Perro», que estaba tumbado al sol, quizá en el pórtico de Zeus o en cualquier otro lugar de aquella Atenas de la vida al aire libre. El todopoderoso macedonio le dijo entonces al cínico: «Pídeme lo que quieras». A lo que este respondió: «Que te apartes, que me haces sombra». Otra: al observar una vez a un muchacho que bebía con sus manos arrojó fuera de su zurrón la copa que llevaba diciendo: «Un niño me ha aventajado en sencillez». Cuando, tras hacerle preso, quisieron venderle como esclavo y le preguntaron qué sabía hacer, él respondió: «Gobernar hombres». Y eso lo decía un hombre cuyas únicas posesiones eran una larga barba, un báculo y un manto raído.

La bonanza climática supo aliarse con los griegos para facilitar su expansión por todo el Mediterráneo, pero más benévolo, y sobre todo más cálido, iba a ser el clima con el Imperio romano.

El clima está con Roma

Desde el siglo III a. C. y hasta el siglo IV d. C., el clima de toda Europa atravesó una nueva fase cálida que ha sido bautizada por los climatólogos como el Periodo Cálido Romano, con un pico entre los años 230 a. C. y 140 d. C. La temperatura media en verano podría ser 1 °C superior a la actual, y recientes estudios sobre conchas de sedimentos profundos del mar han concluido que la temperatura en el Atlántico norte en esos años fue mayor a cualquiera de las que se alcanzan en la actualidad.

También llegó el calor al Mediterráneo. En su parte más occidental el clima era cálido y húmedo, lo que favorecía las buenas cosechas de esa parte del Imperio: allí estaba Hispania, el granero de Roma. En el norte de África las

condiciones eran semejantes, con lluvias abundantes y suaves temperaturas. Buenas cosechas también para el otro proveedor oficial de cereal del Imperio: Egipto. Con las despensas llenas y el ejército bien surtido, la expansión es más fácil. Julio César, Augusto o Trajano tuvieron al clima como aliado en sus campañas. En el foro de Roma, los oradores, con túnica y sandalias, cantaban al aire libre las hazañas de sus ejércitos aprovechando el buen tiempo.

En otras zonas del mundo también gozaban de un clima benigno de inviernos no demasiado fríos y veranos cálidos pero, al parecer, sin extremos. Por Alemania e Inglaterra, por ejemplo, se pudo extender el cultivo de la vid: hacia el año 300 d. C., Inglaterra tenía cubiertas sus necesidades con la producción local y no necesitaba importar vino.

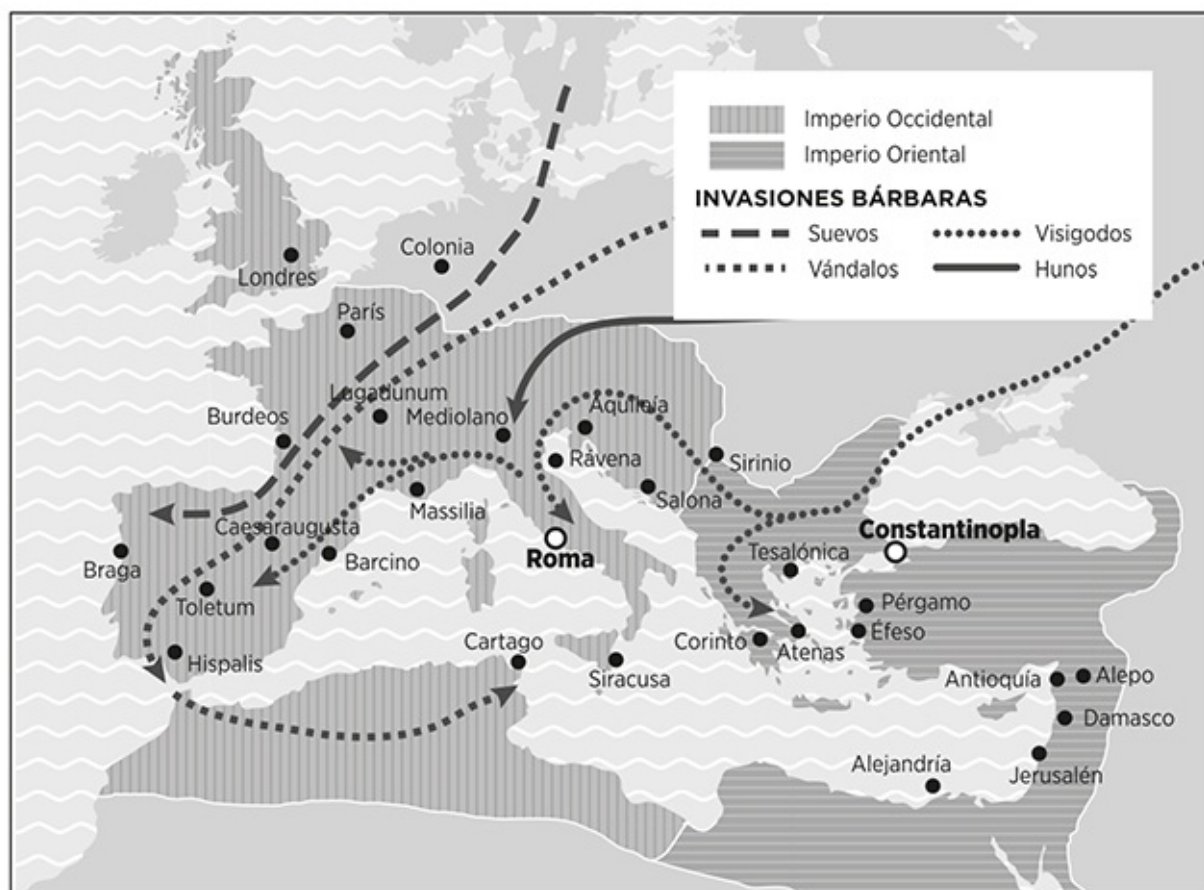
La decadencia y el frío

A partir del siglo III, mientras las provincias del sur y el este del Imperio continuaban su desarrollo apacible, las situadas más al norte empezaron a sufrir económica y militarmente. La amenaza constante de los pueblos «bárbaros», situados más allá de la frontera trazada por el Rin y el Danubio, se hizo una realidad en estos años a través de frecuentes incursiones. En el 260 d. C. los galos llegaron hasta Hispania; en el 263 los godos tomaron Éfeso. Los volcanes, hasta entonces cómplices con su inactividad de la estabilidad climática, empezaron a despertar. Entre el 235 y el 285 d. C. hasta cinco erupciones volcánicas ayudarían a romper la tendencia cálida: se iniciaba una época de enfriamiento que ya no pararía hasta bien entrada la Edad Media.

Hacia el año 400 d. C. las condiciones frías del clima ya eran constatables. Inviernos más rigurosos, sobre todo en el norte de Europa, animaban a los pueblos bárbaros a desplazarse hacia el sur. No todo fueron batallas: los emperadores de un Imperio romano en decadencia pactaban con los pueblos del otro lado del Danubio su integración en la estructura administrativa, pasando a ser socios de Roma encargados de defender sus fronteras. Con Teodosio de emperador, la política de pactos permitió que estos pueblos se integrasen poco a poco como militares o agricultores. Sin duda a orillas del Mediterráneo las condiciones climáticas, aún no tan frías como en el norte, les harían la vida más llevadera.

Muerto Teodosio llegaron las grandes invasiones. A Hispania, por ejemplo, los visigodos llegan en el 417 d. C. Los reinos bárbaros independientes tomarían el

relevo de un Imperio romano que cayó definitivamente en el 476. Pero a ellos no les sonreiría el clima con su silenciosa benevolencia. El frío llegó para quedarse, y los duros inviernos que acompañaron al Imperio romano en su declive no desaparecen. Permanecerían hasta que en torno al año 1000 un nuevo periodo cálido del clima volviese a animar a los europeos en plena Edad Media.



Las invasiones bárbaras (370-450 d. C.). El empeoramiento de las condiciones climáticas es uno de los factores que provocaron el desplazamiento hacia el sur de los pueblos situados al norte de las fronteras del Imperio.

8

CALOR EN LA EDAD MEDIA

Quizá sea por las películas, por las series de televisión o por el célebre libro *El otoño de la Edad Media*, de Huizinga, pero la imagen que primero nos viene a la cabeza si hablamos del Medievo, aparte de caballos y armaduras, es la del frío, la muerte, los andrajos, las ciudades amuralladas y sucias, los campos repletos de barro... Una vida cotidiana difícil entre nubes, lluvias, obscuridad y desolación. Puede que fuera así en buena parte de este gran y variado episodio de la historia de Europa, pero no siempre. Pasada la mitad del periodo, en torno al año 1000, nuestro continente disfrutó de un tiempo cálido y tranquilo, con unas temperaturas incluso ligeramente superiores a las del siglo xx. Bastante parecidas, de hecho, a las que el Panel Intergubernamental del Cambio Climático pronostica en Europa para finales de este siglo xxi.

Una buena influencia

Ahora los tiempos son otros y distintos, y el resultado de un aumento de las temperaturas en la sociedad actual no tiene por qué tener las mismas consecuencias que tuvo cuando este aumento se produjo hace mil años. Pero, en aquel instante, la influencia del clima fue decisiva para que Europa triplicase su población. Con una población mayor, las demandas también fueron mayores, y mayor fue el incentivo para satisfacerlas: Europa progresó en la Baja Edad Media. En España cobró importancia el comercio de la lana y la trashumancia, y en torno a las ovejas nació la primera asociación gremial en la historia europea, la Mesta. El movimiento no solo era de mercancías: esta época es también la del apogeo de las peregrinaciones, y con ellas se construyeron nuevos caminos y

puentes que aún hoy se mantienen en pie. Gracias a un clima más cálido y a que el casquete polar ártico no llegaba tan al sur como en siglos anteriores, los vikingos pudieron colonizar por primera vez Groenlandia y viajar incluso hasta Terranova, en Norteamérica. Y mientras tanto, en el sur de Inglaterra se hacía vino y en otras partes de Europa donde ahora hay bosques crecían campos de cultivo. Definitivamente, aquella fue una buena época. Gracias, esta vez, a una influencia positiva del clima.

Frío-calor-frío

Claro que, ¿de qué época o periodo estamos hablando exactamente? La delimitación no es sencilla, porque las fechas de inicio y final varían según la región de Europa. Pero, si consideramos la Edad Media como el gran periodo que va desde el año 476, tras la caída del Imperio romano, hasta aproximadamente el 1500, podríamos distinguir climáticamente tres periodos.

El primero sería una fase de bajas temperaturas que continuaría el enfriamiento que se inició en las últimas décadas del Imperio romano, en torno al año 400, e iría hasta el 800 en el norte de Europa y el 1000 en las regiones mediterráneas, como España. A partir de esos años el clima comienza de nuevo a caldearse, en una nueva fase cálida que acabaría hacia el 1300 y un siglo antes en el norte de Europa, que fue donde antes empezó. Es el llamado Periodo Cálido Medieval, conocido también como Óptimo Climático del Medievo. Desde entonces el clima retornó a unas condiciones más frías y extremas que ya acompañarían a la Edad Media en su tramo final e incluso más allá: es lo que se conoce como la Pequeña Edad de Hielo, que se inició en torno al siglo XIV y acabó a mediados del XIX.

Las fechas de inicio y comienzo son aproximadas. No son periodos cerrados y totalmente homogéneos, pero sí hay cierta continuidad en la frecuencia con la que se repiten en unos los inviernos fríos alternados con veranos cortos pero muy calurosos y en otros los inviernos más suaves, con lluvias benignas y veranos largos y cálidos, pero no extremos. El llamado Periodo Cálido Medieval es de estos últimos. Durante los tres siglos que duró el clima no fue uniforme, y también existieron inviernos fríos y algunos episodios extremos como fuertes tormentas o sequías, pero no tan frecuentes como lo fueron en la fase precedente o, sobre todo, llegarían a serlo en los siglos posteriores. Lo habitual durante el Periodo Cálido Medieval sería encadenar varios años seguidos con un clima

benigno, sin grandes contrastes entre temperaturas de un año para otro y con lluvias abundantes, lo que deparaba buenas cosechas. Con el fantasma del hambre lejos, la población crecía y sus actividades también. En este capítulo y los siguientes conoceremos en detalle algunas de ellas.

El frío del principio

La Edad Media empezó con frío: hacia el año 400 los glaciares comenzaron de nuevo a avanzar. Los inviernos volvieron a ser frecuentemente más fríos que los de ahora, aun alternados con otros que no lo eran tanto, y el resto de estaciones eran también más frías y, en general, secas. Huyendo del deterioro de las condiciones climáticas los pueblos germánicos del norte buscaron tierras más plácidas en el sur, terminando de rematar por el camino a un Imperio romano que ya había tropezado y en aquella época, definitivamente, cayó.

El clima, más severo, deparaba frecuentes inundaciones, de las que queda constancia en los documentos históricos, avalados por los estudios sobre el crecimiento de los anillos de los árboles. Como ya se vio, estas son dos fuentes habituales donde acuden los historiadores para obtener datos. Los árboles crecen más en época de lluvias, y eso se traduce en una mayor distancia entre los anillos que el tronco va dibujando a lo largo de su vida a razón de uno por año. También los documentos eclesiásticos sobre rogativas a los santos para que llueva o deje de hacerlo, o mejor aquellos que servían para calcular los tributos dando cuenta de la fecha y volumen de las cosechas, nutren de datos históricos a los climatólogos. Gracias a ellos sabemos que las crecidas del Ródano anegan los pueblos de su cauce en 563, 572 y 583, que en el invierno de 859 se congelan las lagunas de Venecia y que, en el de 1010 a 1011, como despedida del periodo frío inicial, se hielan el Bósforo y hay noticias de placas de hielo ¡sobre el Nilo!

En la península ibérica tampoco nos librábamos de las grandes inundaciones de ese periodo, como la que en 675 desbordó el Guadalquivir. Ese fue, sin embargo, un año seco, que es quizá por lo que destaca más este periodo en el clima de nuestro país: en las efemérides de esta época los relatos que más se prodigan son los de las intensas sequías. Hay documentos de grandes hambres provocadas por ellas en los años 620 y 675. En 680 hubo otra que duró siete años, y otra más entre 707 y 711. Cuando los musulmanes llegan a la península se encuentran con una población diezmada por el hambre o generalmente enferma a causa de la malnutrición. El contraste debió de resultarles

sorprendente: ellos venían de las condiciones más benignas propiciadas por un clima que aún se había mantenido cálido en el Oriente Medio.

El clima ideal

Pero estas condiciones frías del inicio de la Edad Media no durarían mucho. Un nuevo periodo más cálido estaba por llegar, aunque su inicio fue distinto según la zona. Los noruegos, por ejemplo, comenzaron a abandonar la primera fase fría del Medioevo en el siglo VIII, pero en el resto de Europa habría que esperar otros cien años más. Y en la península ibérica, donde se habían prolongado un poco más esos inviernos severos, podemos situar el fin de este episodio en torno al año 1000, siguiendo las indicaciones del meteorólogo Font Tullot. Los dos siglos siguientes a estas fechas supondrán una era de esplendor en la que creció la población europea y se lograron importantes gestas al amparo de esa seguridad primaria que ofrecía un clima estable. Pero, ¿cómo era ese clima tan bueno que tuvimos en Europa entre los siglos VIII y XIV? Veámoslo.

En el Periodo Cálido Medieval, y especialmente entre los años 1100 y 1300, la mayor parte de Europa vivió bajo temperaturas ligeramente más altas que las de ahora, y sobre todo sin grandes situaciones extremas y con buenas lluvias. Buenas porque eran abundantes para regar bien las cosechas, y porque no solían ser lluvias torrenciales que pudiesen llevarse los pueblos por delante. Los veranos en el centro de Europa eran 1,5 °C más cálidos que los actuales; en el conjunto del continente se estima una temperatura estival media de 0,7 °C a 1 °C superior a la del siglo XX. El calor llegaba en junio y no se iba en septiembre, de modo que el cereal maduraba sin contratiempos y así, año tras año, se desarrollaba el ciclo de la vida agraria. Y en aquella época basada en el campo, este era también el ciclo de la vida.

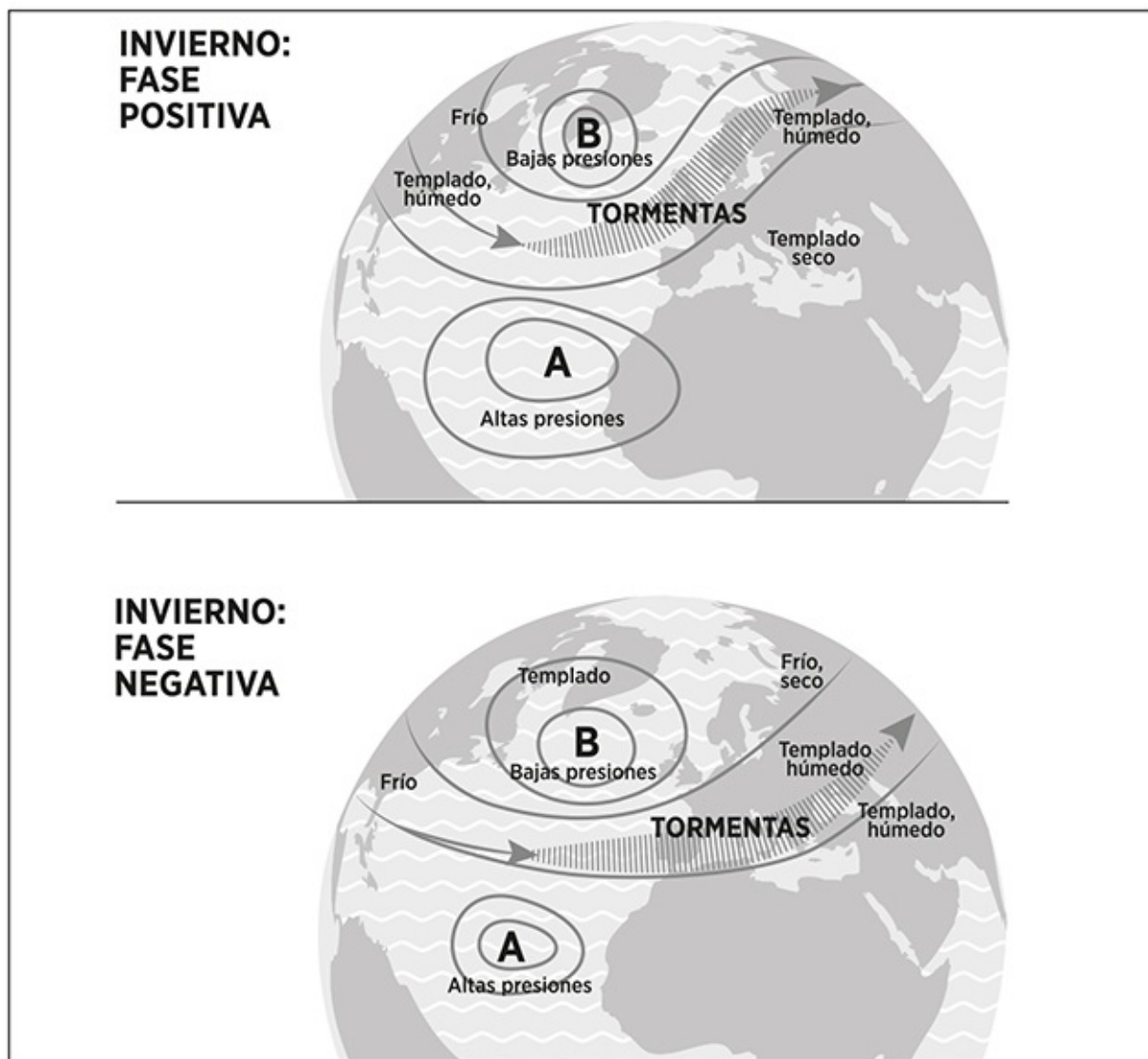
Los contratiempos meteorológicos existían, pero no eran tan frecuentes. La lluvia estaba muy presente, y esa quizá era la clave. La bonanza climática no solo dependía de la suavidad de las temperaturas, sino también del alto índice pluviométrico de la mayoría de regiones. La circulación atmosférica que debió de predominar podría ser esa que a veces denominamos «tren de borrascas»: centros de bajas presiones que se generan en el Atlántico y llegan a las islas británicas y al oeste del continente para regar abundantemente esas zonas y que deparan inviernos húmedos y relativamente templados. Son ese tipo de situaciones que pueden encadenar un par de semanas de lluvias continuas en

Galicia, Extremadura o Andalucía, según donde se posicione el anticiclón de las Azores. Y desde ahí, según como sea la intensidad del frente, atraviesan más o menos la península.

Las lluvias en el oeste de Europa están reguladas básicamente por el juego entre una borrasca y un anticiclón. O, para ser más exactos, entre un centro de bajas y otro de altas presiones. El centro de bajas presiones suele estar situado en el entorno de Groenlandia-Islandia, y el de las altas en las Azores. Sus posiciones y la fuerza o predominancia que puedan ejercer uno u otro varían de año en año: es lo que se conoce como Oscilación del Atlántico Norte, o NAO, por sus siglas en inglés. Durante el Periodo Cálido Medieval se cree que predominaron los años de NAO en positivo, es decir, con el anticiclón dominando sobre las bajas presiones islandesas y una configuración que permitía que llegaran los vientos desde el oeste, trayendo aire húmedo al norte de Europa y de su mano inviernos suaves y lluviosos y veranos no demasiado cálidos. Una NAO en negativo supone, al contrario, un invierno más frío y seco, con lluvias de distribución irregular en el norte de Europa y un invierno más húmedo en la península ibérica, por donde pasarían estas borrascas procedentes del Atlántico.

Sin sobresaltos

Los inviernos menos fríos y con menos nevadas se tradujeron en glaciares que retrocedían, y la extensión del hielo ártico no llegaba tan al sur como en la actualidad. A ello contribuyó la ausencia de otros elementos que en el futuro contribuirían a una nueva fluctuación climática negativa. Si durante la Pequeña Edad de Hielo la radiación solar iba a ser menor y las erupciones volcánicas más frecuentes, deparando entre ambas sendos ciclos de climas más fríos, en el Periodo Cálido Medieval no tuvimos ningún sobresalto en este sentido.



Esquema que muestra la distribución atmosférica con NAO en fase positiva (arriba) y con NAO en fase negativa (abajo).

Con un mar libre de hielos, a los vikingos noruegos les resultó más fácil llegar hasta Islandia, desde donde años después Erik el Rojo podría surcar los mares más al oeste para llegar hasta Groenlandia. En esta gran isla helada —entonces no tanto— los europeos del norte levantaron su primera colonia en el año 982. Desde allí, el hijo de Erik viajaría aún más al oeste para llegar por primera vez a tierras de Norteamérica, poniendo pie en la península del Labrador, la isla de Baffin y Terranova en torno al año 1000.

Viva el vino

El motor de aquella sociedad feudal era el campo, y aquel motor estaba perfectamente engrasado por un clima favorable. Los inviernos eran suaves y lluviosos, los veranos cálidos pero no extremos, y en primavera no se presentaban las heladas tardías que podían arruinar la cosecha.

En la Alta Edad Media, si la cosecha era abundante, los tributos también lo eran, y los nobles podían apoyar las campañas bélicas del monarca. Si, por el contrario, fallaba la cosecha, la clase dominante se resentía, pero los artesanos y campesinos directamente morían. Agricultura, y economía, de supervivencia. Pero en estos siglos los años buenos se imponían a los malos, y los pintores medievales reflejaban en sus cuadros las copiosas cosechas de la época. En Islandia, incluso cerca de su costa norte, se recogía una considerable producción de cebada hasta el siglo XII. No se volvería a plantar hasta comienzos del XX.

No solo los cereales colonizaron nuevas tierras: también el cultivo de la viña y la producción de vino llegaron a zonas donde nunca antes habían estado. A la viña le gustan los contrastes de tiempo entre la noche y el día, que se traducen en matices en el hollejo de la uva, de donde cogerá sabor el vino. Pero lo que no quiere son sustos meteorológicos a lo largo del año. Lluvias, las justas y sobre todo no en verano, para no generar problemas de hongos en las hojas y tallos. Pero tan malo como el exceso de humedad es su ausencia, y en aquel entonces, sin los elementos de control del riego que existen hoy en día, un año seco podía acabar con toda una viña. Igualmente podían hacerlo las temperaturas extremas, con ese enemigo terrible que son las heladas tardías, de abril o mayo, que se llevan los primeros brotes y arruinan la campaña del otoño siguiente, cuando apenas darán fruto. Y sin uvas, no hay vino.

Pero en aquellos siglos se pudo hacer vino en zonas donde hasta entonces no se conocía y donde ahora por supuesto no se hace. En el año 1200 se podía cultivar la vid en el sur de Escandinavia y las zonas costeras del mar Báltico, así como en la Selva Negra alemana, por encima de los setecientos metros de altura. Por el sur y el centro de Inglaterra se extendieron las viñas hasta el norte de Hereford y la frontera con Gales. Aunque, en realidad, en Inglaterra ya hacían vino antes de esta época: en el Periodo Óptimo Romano hay noticias de que no necesitaban importar vino y podían cubrir sus necesidades con el que hacían allí. Además, después de que volviese a hacerlo en este Periodo Cálido Medieval parece que la vid está colonizando las islas británicas de nuevo en nuestros días:

desde principios del siglo XXI la viticultura se extiende otra vez por el sur de Inglaterra.

Cultivos de altura

Como el clima lo permitía, los cultivos fueron ganando cada vez más terreno: en extensión, pero también en altura, con lo que miles de hectáreas de bosque serían taladas para disponer de más superficie aprovechable para la agricultura. En Suiza se extiende la zona cultivable subiendo por la ladera de los Alpes; en Noruega, el trigo y la avena, más resistente, pueden cultivarse no solo en valles sino también en colinas, elevadas unos doscientos metros sobre el nivel del mar; en Escocia, las «tierras altas» (*Highlands*) se llenan de agricultores. Quien haya estado por allí en la actualidad habrá viajado entre angostas carreteras con paso para el ganado que discurren por tierras yermas de rocas, pasto y matorrales. Entonces, con temperaturas en verano 1 °C superiores a las actuales en el mar de Escocia, las tierras altas producían cosechas, y no solo de malta.

A cambio, como hemos dicho, los bosques son desforestados, ganando a los árboles nuevas tierras arables. Además, una población creciente también necesitaba más viviendas, y estas se construían con la madera proveniente de esos mismos bosques. Si hacia el año 500 lo normal en Europa era un paisaje de frondosas arboledas cubriendo el 80 % de su superficie, hacia el 1200 ya solo quedaban la mitad. Los grandes bosques «huían» hacia zonas más altas de montaña: ladera abajo los que reinaban eran los cultivos, siempre con el beneplácito del clima.

España no sería ajena a esta expansión de la superficie cultivable, beneficiada por varios siglos de clima estable, cálido y húmedo. De hecho, las mejores cosechas de cereal y la mayor disponibilidad de pastos verdes pusieron en marcha una maquinaria de la que Castilla lograría grandes beneficios, y que dibujaría el futuro paisaje de España a través de puentes, caminos y cañadas: el comercio de lana.

La trashumancia posicionó a España, como se diría hoy día, en el mercado internacional. Y detrás de la creación de la que fue la primera asociación gremial de Europa está también la influencia silenciosa del clima. Gracias a las condiciones del Periodo Cálido Medieval nació la Mesta, la organización medieval que encumbró a los pastores.

9

EL REINO DE LOS PASTORES

Si te gusta caminar o montar en bici puedes hacer una agradable ruta por el pasado a tan solo cuarenta minutos de Madrid capital. Saliendo desde la localidad serrana de Moralarzal y rodeando Cerceda se puede llegar hasta los pies del Pico de la Pedriza por una senda bien ancha y de tierra asentada, flanqueada por encinas y enebrales, fincas de ganado bravo y cotos de caza. Se trata de un tramo de la Cañada Real Segoviana, una de las ocho «autopistas» que durante la Edad Media se abrieron en España para facilitar el paso a la ganadería. La vía segoviana se divide en varios ramales, y uno de ellos une las tierras de Badajoz con las de La Rioja, pasando por Talavera de la Reina, bordeando el Guadarrama por Villalba y siguiendo bien por Ávila y Segovia o bien por Burgos y Soria hacia las riojanas tierras de Cameros o la sierra de la Demanda. Conserva este tramo en que nos hayamos, además del trazado original, el ancho estipulado en las ordenanzas de su creación en 1273: noventa varas castellanas, que venían a ser unos 75 metros de ancho. Y en cuanto pasas un vertedero, dejas atrás una gasolinera y varios chalés y te internas en el camino, disfrutas un paseo muy interesante por la sierra madrileña. Si además tienes la suerte de cruzarte con uno de los pocos rebaños de ovejas que aún quedan por ahí, podrás imaginarte que has viajado al siglo XIII, cuando en Castilla reinaban los pastores.



Rebaño de ovejas transitando en la actualidad por la Cañada Real Soriana occidental, en tierras de Badajoz, de donde parte. (Foto cedida por Juan Antonio Bermejo)

Viva la oveja merina

En el año 1273 y bajo la protección de Alfonso X el Sabio, fue creado el Honrado Concejo de la Mesta de Pastores. Su finalidad era promocionar el desarrollo de la cría de oveja merina selecta y, con ello, el del comercio y la industria de la lana. Como esta raza generaba un producto de la más alta calidad, Castilla empezó a exportarlo a Europa, lo que constituiría una importante fuente de ingresos. Para ello se facilitaba la cría de ovejas, y con este fin se extendieron importantes prerrogativas y privilegios a los ganaderos y pastores. Estaban eximidos, por ejemplo, de realizar el servicio militar y, lo que es más interesante para lo que nos ocupa, tenían derecho de paso y pastoreo sobre sus ancestrales rivales: los agricultores. Estos derechos no podrían entenderse sin la silenciosa influencia del clima del Periodo Cálido Medieval.

Buenas lluvias en España

Ya desde el siglo XII el tiempo en la península ibérica era cálido y no faltaban las lluvias. En el clima que reinaba sobre todos los reyes de esta España feudal se hacía también evidente esa fase cálida y húmeda llamada Óptimo Climático Medieval. Incluso en el norte de África hay constancia en esta época, entre los años 900 y 1300, de una recuperación de la vegetación, con el consecuente retroceso del desierto. Tampoco en el sur de nuestra península ni en la región

mediterránea faltaban las lluvias, aunque los climatólogos piensan que la situación no debía de diferir mucho del régimen actual, donde grandes periodos de carencia se alternan con breves episodios de abundantes precipitaciones concentradas en pocos días.

Donde hace nueve siglos sí era más patente el incremento de las precipitaciones era en la llamada vertiente atlántica: la mitad occidental y el centro de la península. La mayoría de las lluvias eran generosas y benévolas, pero no faltaron también algunos disgustos en forma de inundaciones. Recogen los anales una gran crecida del Tajo, tras un deshielo repentino, en 1138, y treinta años después, tras varias semanas de lluvias torrenciales en el mes de febrero, los ríos de las cuencas del Tajo y el Guadalquivir se desbordan causando 65.000 muertes.

Las sequías, tan habituales en España en siglos precedentes, sobre todo del v al VIII, tuvieron que ser poco frecuentes en los que ahora nos ocupan. Aunque no debieron de faltar, solo una llegó a ser tan importante como para que la recogiesen las efemérides: la que en el año 1172 sufrieron en Galicia y las comunidades del Cantábrico. En el siglo siguiente tampoco se prodigaron mucho, pero sí hay constancia de más años con sequía: 1213 en la meseta sur, 1217 en la vertiente mediterránea, 1262 en Cataluña...

También en esta centuria las lluvias destacaron en la vertiente atlántica, donde fueron de nuevo muy abundantes. Comenzó el siglo con desbordamientos en el Tajo y el Duero en noviembre de 1203, y terminó con otra gran venida del Guadalquivir en 1297. Entre medias, las crónicas relatan más episodios de inundaciones. A pesar de todo, fueron mucho más comunes los años en los que las lluvias llegaban sin sobresaltos y los campesinos podían irse a dormir sin preocupaciones.

Sin demasiados años fríos y con pocos veranos de calor extremo, el clima del siglo XIII era benigno en España tanto para los cereales de Castilla como para los pastos. Los agricultores recogían año tras año buenas cosechas, y los ganaderos disponían de abundante alimento para sus animales. En invierno se aseguraban el sustento de las ovejas con las praderas verdes del sur de Castilla y de Extremadura, y en verano encontraban fácilmente pastizales en las montañas más al norte. Las fuentes de alimentación estaban aseguradas, y lo único que había que hacer era trasladarse de unas a otras según la estación: del sur al norte cuando empezaba el verano, y del norte al sur cuando llegaba el otoño. Y en ese trasiego anual, llamado trashumancia, estaba la solución, pero también una fuente de conflictos: las tierras por las que tenían que pasar. Y no estamos

hablando de cuatro rebaños; en aquel entonces podían moverse hasta dos millones y medio de ovejas durante una trashumancia.

Pastores contra labriegos

El Periodo Cálido Medieval supuso unas condiciones benignas para que aumentaran las cosechas de cereal. Año tras año, los agricultores sabían que el campo, frecuentemente origen de disgustos, era un tesoro. Así que no estarían dispuestos a dejarse pisar, literalmente, por los rebaños de ovejas. Durante los siglos XI y XII, los reinos cristianos y los musulmanes estaban separados por amplias franjas de tierra de hasta cien kilómetros, donde solían darse las batallas, incursiones y refriegas. Cuando la actividad bélica se tomaba una pausa —por ejemplo, muchos años las lluvias abundantes obligaban a que las batallas se hicieran solo en verano— los pastores aprovechaban estos terrenos para conducir por ahí a su ganado de un lugar a otro durante la trashumancia.

Pero en el siglo XIII avanza la reconquista y estas grandes superficies quedan liberadas y pueden ser aprovechadas por los agricultores para plantar trigo, la otra gran riqueza de Castilla. Para asegurar entonces el movimiento del ganado y evitar problemas entre pastores y labriegos, se delimitan unas zonas de paso entre las tierras cultivadas: las cañadas, cuerdas y cordeles. Entre ellas se destacan incluso unos itinerarios especiales, las Cañadas Reales, que daban idea del gran interés que tenía la Corona en que se respetaran esos caminos. Así nació la Mesta, como una victoria de los derechos de los pastores. Unos derechos que continuaron ampliándose durante siglos posteriores, en virtud del floreciente negocio que supondrían las exportaciones de lana que desde los puertos vascos llegaban a toda Europa.



Las rutas de la trashumancia. En el mapa puede observarse el trazado de las distintas Cañadas Reales de la Mesta que comunicaban la península de norte a sur, así como las grandes áreas de invernada de la cabaña ovina.

El reino de los pastores

La influencia silenciosa del clima, con un periodo de dos siglos de buenas condiciones para el auge de cereales y pastos, estaba detrás del que fue el primer gremio ganadero y una de las agrupaciones corporativas más poderosas de Europa. Y así continuaría siéndolo hasta comienzos del siglo XIX, cuando una progresiva decadencia conduce a la desaparición definitiva de la Mesta en 1836.

Pero de ella nos han quedado aquellos itinerarios concretos que, bajo la protección del rey, permitían el paso del ganado dos veces al año, atravesando España. Ocho grandes autopistas para la numerosa cabaña ovina, que cuando llegaba el calor protagonizaba una auténtica operación salida no muy distinta a la

imagen que ofrecen hoy los coches camino de las playas en el inicio del verano. Solo que entonces eran ovejas camino de los pastos frescos o agostaderos donde pasar los meses estivales. En su recorrido, los rebaños debían sortear los numerosos ríos que riegan nuestra península, entonces más anchos y crecidos gracias a las abundantes lluvias. Para ellos, y para otros transeúntes mucho más piadosos, se levantarían muchos de los maravillosos puentes románicos que aún hoy podemos contemplar por todo el país. Otra influencia silenciosa del clima de aquel tiempo que ha llegado hasta nuestros días.

10

LOS PUENTES ROMÁNICOS

Siguiendo la ruta Jacobea del Camino de Santiago llegarás a la localidad navarra de Puente la Reina, donde uno de los principales atractivos arquitectónicos es, efectivamente, el Puente de la Reina. Su construcción data del siglo XI, y la reina a la que se refiere pudo ser doña Mayor de Castilla, esposa de Sancho el Mayor, o quizá otra. Para el caso que nos ocupa no importa mucho: no es la historia sino el diseño lo que más nos interesa. Tiene el puente —como la mayoría de los puentes medievales— un número de arcos impares, siete. Pero allá donde te pongas para mirarlo solo verás seis: el séptimo se encuentra oculto bajo tierra al principio de la calle mayor, bajo un torreón. Cuando el río Arga baja crecido, el agua pasa por debajo de los seis arcos, pero habitualmente se conforma con cuatro. Hace 1000 años, sin embargo, sí eran necesario los seis y hasta los siete para cruzarlo. Hoy en día, los fabulosos puentes medievales que podemos disfrutar en España pueden parecernos largos para la poca agua que discurre bajo ellos, pero es que en las fechas en que se construyeron los ríos eran mucho más anchos y caudalosos que ahora.

Doble influencia

Tras dos siglos de un régimen pluviométrico generoso y más o menos constante, los ríos europeos ensancharon su cauce en la mayor parte del continente durante el Periodo Cálido Medieval. En Sicilia, por ejemplo, llegaron a ser navegables en el siglo XII. Hoy, por el puente de Palermo, construido en el año 1131, ni quiera pasa el agua, porque el curso del río Oreto fue desviado hacia el norte y el

punto se ha quedado aislado en medio de la ciudad, sobre una pradera de césped.

Lo habitual era que los ríos bajaran más caudalosos y desparramados que en la actualidad, y por ello había que construir puentes más largos para cruzarlos, aprovechando en algunos casos el que se había heredado de época romana, pero en otros empezando desde cero. Además, construirlos también era una necesidad infraestructural en un tiempo en que la población aumentaba y se movía con mayor facilidad que en siglos anteriores. La sucesión de largos veranos cálidos, otoños lluviosos e inviernos suaves permitía encadenar cosechas favorables. Y las heladas, frecuentes en los siglos anteriores y que también lo iban a ser en los posteriores, dejaron de aparecer o al menos se hicieron mucho menos frecuentes entre los siglos x y xiii. El mayor rendimiento de los cereales y la disponibilidad de pastos supusieron también el desarrollo de la ganadería, fuente de alimentación y ayuda en las tareas agrarias.

Una sociedad bien alimentada es también una sociedad que puede crecer. Sin el fantasma del hambre en varias generaciones, Europa triplicó su población durante el Periodo Cálido Medieval. Desde inicios del xi y hasta mediados del xiv, antes de que llegara la epidemia de la peste, la población europea pasó de los 35 a los 80 millones. En aquel tiempo 1500 nuevos núcleos urbanos surgieron en Europa, con sus correspondientes mercados donde intercambiar los productos de la floreciente agricultura. Había más gente, y con más cosas que hacer, por lo que, consecuentemente, hubo también más movimiento. Ahora hacía falta facilitar ese tránsito de personas y mercancías con nuevos puentes y caminos.

Lomo de asno

La bonanza del clima estaba detrás de una sociedad en aumento y de unos ríos caudalosos. Debido a la combinación de esos dos factores se hicieron necesarios un mayor número de puentes, y debido al segundo motivo tenían que ser más largos y también más altos, sobre todo en su parte central. Es lo que se conoce como construcción en «lomo de asno», por su semejanza con la parte más alta que corona la espalda de este animal. El resultado lo habrá comprobado cualquiera que haya cruzado uno de estos puentes medievales: primero hay que subir por una cuesta más o menos pronunciada hasta llegar al centro de su

recorrido, que es también su punto más alto, y luego bajar de nuevo en pendiente hasta llegar al otro lado.

Habrás visto muchas veces una imagen icónica de Asturias, el *Puentón* de Cangas de Onís, con un gran arco central de respetable altura del que cuelga una cruz. Es una visita muy recomendable, ya sea si pasas de camino hacia una excursión a Covadonga o a pescar salmones en el Sella. Si vas en un día despejado de verano disfrutarás del reflejo del arco sobre el agua reposada formando un gran óvalo; si vas en un día de lluvia y la bruma envuelve el puente, la visión es incluso más bella y sugerente, pero entonces ten cuidado al cruzarlo caminando por la piedra resbaladiza de su calzada, y sobre todo, por su pendiente: se recomienda ir sin tacones.

El puente romano de Cangas de Onís no es romano, por cierto, sino del alto medievo. Pero, como hemos dicho antes, en muchos otros casos se construían aprovechando estructuras romanas más antiguas. En uno de estos puentes romanos, concretamente en uno del siglo I, tiene su origen el de Ourense, la *Ponte Vella*, reconstruido en el siglo XII, y también el de Frías, en Burgos, con torre defensiva y nada menos que 143 metros de longitud sobre el río Ebro, por donde pasaba gran parte de la lana que desde la meseta se transportaba a los puertos vascos para su comercio con Europa.



El *Puentón* de Cangas de Onís (Asturias), sobre el río Sella, de un depurado estilo gótico, con su característico y muy reconocible perfil de «lomo de asno». Aunque se lo conoce como puente romano, su origen es medieval. (Fotografía cedida por Manuel Durán)

Otros, como el de Cangas de Onís, fueron levantados ya en plena época medieval, sin necesidad de que hubiera precedente alguno. Por suerte, tras algunas reformas podemos gozar de ellos aún en la actualidad, como por ejemplo el famoso puente románico de Besalú, en Girona, sobre el río Fluviá. Se tiene noticia por primera vez de este puente, de ocho arcos y con torre defensiva, en 1075, y en la actualidad es un Bien de Interés Cultural. Más humilde pero también más entrañable es el puente de Capella, en Huesca. Por toda la comarca oscense de la Ribagorza se prodigan modestos puentes medievales. Su cometido era más humilde que el de permitir la trashumancia y el comercio de la lana bajo el pujante auspicio de la Mesta: simplemente servían para franquear el paso entre barrancos o comunicar pequeños pueblos de la zona. Pero entre ellos, cruzando el río Isábena, sobresale el puente de Capella, con sus siete arcos y una notable longitud para lo corto que se ve el río hoy en día. De nuevo, siete arcos, y también construcción en «lomo de asno» con una considerable altura en su ojo central. Sobre este punto, disfrutará el lector de una atalaya sobre la que

contemplar el sosegado paisaje y poder elevar su espíritu... hasta regresar al siglo XIII.

Peregrinos en marcha

Numerosos y largos puentes de piedra proceden de esta época, en la que fueron contruidos por la necesidad de dar servicio a una población pujante, ya fuera para comunicar vecinos, para el traslado de mercancías o para permitir el desarrollo y consolidación de una moda que empezaba a estar en auge: los peregrinos.



El impresionante puente románico de Besalú, Girona, de forma angular, con ocho arcos desiguales y torre fortificada. (Fotografía cedida por Manuel Durán)

Es en esta época cuando el Camino de Santiago, que conduce a la capital compostelana desde varios lugares de partida, alcanza su mayor tráfico de caminantes. A finales del siglo XI y hasta mediados del XIII, Europa vive el apogeo de las peregrinaciones, que se tradujeron también en una oportunidad de intercambio cultural y comercial. Especies, joyas, objetos de orfebrería en plata y azabache, libros, etc., llegaban a España acompañando a los peregrinos que

eran empujados al camino por su espiritualidad. Para cruzar los obstáculos naturales que suponían los ríos y facilitar su viaje, se levantaron puentes como el que hemos nombrado al empezar este capítulo, y que fue tan importante que dio origen y nombre a toda la localidad: Puente la Reina.

Y mientras cientos de miles de peregrinos de la creciente sociedad europea recorrían los caminos y puentes del norte de España con destino a Santiago de Compostela, otro pueblo más al norte iba a trazar una nueva ruta, esta vez por mar. El clima del siglo x, con sus temperaturas más templadas y la ausencia de grandes obstáculos de hielo en las aguas septentrionales, iba a permitir a los vikingos colonizar Islandia y Groenlandia durante el Periodo Cálido Medieval.

11

VIKINGOS EN GROENLANDIA

Viajando desde Europa a la costa oeste de los Estados Unidos, el avión sigue una trayectoria que parece desafiar la lógica directa: en lugar de la línea recta que el sentido común nos sugiere al observar un mapamundi, realiza una curva hacia el norte que le lleva a atravesar la blanca tierra de Groenlandia. Esto es así por una combinación de factores geográficos y climáticos que provocan que sea más rápido y eficaz seguir este camino. Por un lado, la forma esférica de la Tierra hace que la distancia más corta entre dos puntos no se corresponda con la que nos parece ver en la superficie plana de un mapa, que deforma las verdaderas dimensiones de nuestro planeta. Y, por el otro, los flujos de aire que atraviesan la atmósfera (corrientes en chorro) obligan en ocasiones a alterar las rutas para aprovechar o esquivar su impulso según convenga. Pero, más allá de ahorrar tiempo y combustible, este aparente rodeo nos permite además disfrutar de una vista espectacular. Sobrevolando Groenlandia en un día despejado, resulta difícil siquiera comprender el paisaje que se despliega bajo nuestra mirada, una superficie infinita y resplandeciente que se extiende impoluta cortando el horizonte. Todo es un páramo de hielo en el que la vida se nos antoja inconcebible, incapaces de imaginar que alguien pueda vivir a gusto ahí abajo... Y, de hecho, apenas nadie lo hace, y muchos de los que se trasladan a esa región, sobre todo hacia su interior, son científicos. En un clima gélido y hostil que no permite apenas cultivar ni realizar casi ninguna otra actividad, no parece una buena idea establecer tu hogar. Pero no siempre fue así.

Hubo un tiempo en el que en buena parte de esta tierra dura y helada podía verse brillar el verde de los campos, un tiempo en que naves de madera repletas de mercancías y personas surcaban sus aguas y la región bullía con la pequeña pero ajetreada vida de las colonias: el tiempo en que, aprovechando el Periodo

Cálido Medieval, los vikingos procedentes de Noruega llegaron hasta Groenlandia, instalaron sus colonias y cultivaron sus tierras.

Sin obstáculos en el mar

En el tiempo que va del 800 al 1200 el clima en Europa experimentó los cuatro siglos más cálidos de sus últimos 8000 años. En el sur las condiciones cálidas empezaron y terminaron un poco después, pero en el norte el clima era más benigno que ahora ya desde el siglo IX, con unas condiciones más templadas y estables. Y allí estaba el pueblo nórdico para aprovecharlas.

Los vikingos u hombres del norte estaban acostumbrados a viajar entre el hielo: así lo habían hecho hasta ese momento. El frío no les asustaba, y entre sus conocimientos de expertos navegantes estaban los de enfrentarse a temporales y sortear témpanos de hielo. Pero cuando estos obstáculos marítimos comenzaron a ser menos frecuentes, gracias a varios siglos de un clima más cálido, los vikingos pudieron mirar más allá... y viajar más allá.

En los fiordos escandinavos podían disfrutar entonces de pocos periodos con un clima favorable, pues tampoco vivían en las mejores condiciones para cultivar y obtener alimentos de la tierra, y ya empezaban a ser muchos: en la naturaleza de los vikingos está la de buscarse la vida surcando el mar, con incursiones en tierras lejanas en las que obtener lo que no tenían en la suya. En el siglo XI, los pueblos nórdicos de Noruega y Dinamarca invaden el este de Inglaterra y conquistan las islas escocesas. En el año 874, los colonos establecen un campamento permanente en Islandia. Antes habían realizado ya algunas incursiones en ese territorio, pero ahora, con un clima más benigno que no les dificulta la navegación, no se conforman con las visitas esporádicas y deciden instalarse allí.

La tierra de hielo

Islandia es una tierra llena de volcanes y casi vacía de gente. Su nombre en inglés, *Iceland*, o «tierra de hielo», define muy bien otra de sus características: durante las glaciaciones estaba completamente cubierta de hielo. Entre los siglos XVI a XIX este llegará a ser parte fundamental de su paisaje e incluso les podría unir con la vecina Groenlandia. Incluso hoy en día, además de los glaciares del

interior de la isla, la masa de hielo ártico puede llegar a situarse a tan solo cien kilómetros de las costas islandesas durante el invierno. En el Periodo Cálido Medieval, sin embargo, el hielo no estaba tan presente en Islandia. Con las condiciones más benignas del clima de los siglos IX y X, los colonos noruegos, además de pescar focas y bacalao, podían plantar heno con el que alimentar al ganado, y hasta el siglo XII se podía incluso cultivar cebada en el norte de la isla. En su viaje hacia el oeste, los noruegos tenían un campamento base en Islandia desde el que podrían dar el salto hasta un poco más allá y llegar a Groenlandia por primera vez en la historia de Europa.

Erik el Rojo y la tierra verde

Los descubrimientos ocurren muchas veces por casualidad, y otras tantas por obligación. A la fuerza ahorcan, se suele decir, y precisamente para evitar ser ahorcado en su Noruega natal el vikingo Erik el Rojo llegó por primera vez a Groenlandia, donde se instalaron unas colonias nórdicas que permanecerían hasta el siglo XV.

Resulta que, acusados de asesinato, Thorvald Asvaldsson y su hijo Erik huyeron a Islandia. Allí Erik contrajo matrimonio con una mujer islandesa, pero parece que no acabó de sentar la cabeza y, tras dar muerte a un vecino, fue exiliado y tuvo que abandonar la isla. Entonces puso rumbo al oeste, donde desde el año 900 se sabía que existían más tierras, aunque nadie se había establecido nunca en ellas. Tras navegar en esa dirección se encontró, efectivamente, con la costa accidentada de una gran isla que bautizó como Groenlandia, «la tierra verde».

La costa sudoeste donde desembarcó en el 982 la expedición original de Erik el Rojo estaba libre de los hielos glaciares y desde luego blanca no era, pero tampoco tan verde como la Islandia de donde procedía. Un paisaje de pastos y matorrales recibió al vikingo a la vez que dejaba atrás sus problemas con la justicia: así es cómo le debió de parecer esta tierra más verde que ninguna otra en el mundo. Además, con este nombre le iba a resultar más fácil reclutar colonos que vinieran a la isla. Por eso, cuando Erik el Rojo pudo regresar a Islandia tres años después, les habló a quienes habitaban esa «tierra de hielo» de aquella «tierra verde» que les estaba esperando, y no tardó en llenar veinticinco barcos de colonos ansiosos de partir con destino a Groenlandia.

Los dos asentamientos que los vikingos instalaron allí llegaron a tener en su periodo álgido entre 3000 y 5000 habitantes. El primero de ellos, llamado Asentamiento Oriental, se encontraba en las aguas más protegidas del sudoeste, donde estaba Brattahlid, el hogar de Erik; otro grupo viajó más al norte y fundó el segundo, el Asentamiento Occidental.

Desde allí comerciaban con los colmillos de las morsas, las pieles de foca o la pesca del bacalao. Los barcos recogían la carga en la colonia y la trasladaban a Islandia o a Noruega, para desde allí comerciar con el continente. Poco a poco la colonia fue prosperando, y con el tiempo se construyeron iglesias y hasta llegó a establecerse una diócesis, dependiente de la archidiócesis noruega de Nidaros, en 1126.

Pero antes, los vikingos, navegantes valientes e inquietos, no tardarían en dirigir sus barcos más hacia el oeste para descubrir nuevas tierras.

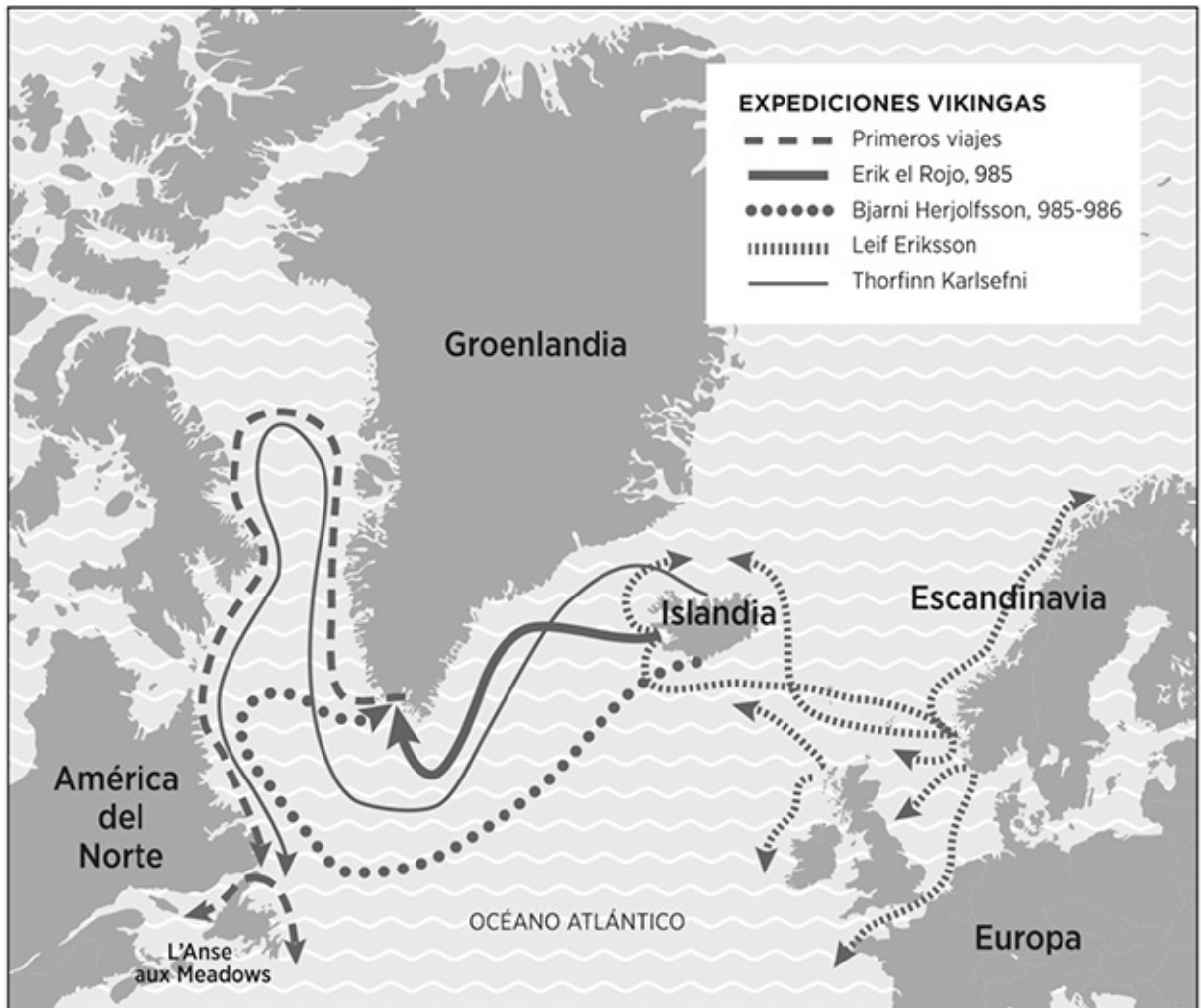
Vikingos en América

Más al oeste de Groenlandia está la isla de Baffin, un poco más allá la península del Labrador y al sur de esta la isla de Terranova. Hasta allí, en territorios ya de Norteamérica, viajaron los vikingos en el siglo XI aprovechando las buenas condiciones para navegar que permitía el Periodo Cálido Medieval.

Leif Erikson, hijo de Erik el Rojo, llegó en el año 1000 con una tripulación de 35 hombres hasta la tierra de Baffin, cuyas cumbres montañosas podían ser avistadas desde la costa occidental de Groenlandia en un día de buena visibilidad. Esa pequeña distancia está cubierta de hielos casi permanentes que dificultan la navegación, pero es probable que en muchos veranos a finales del siglo X este estrecho canal entre las islas estuviera libre de obstáculos que impidiesen el paso. Desde ahí, bordeando la costa helada, llegaron más al sur, donde descubrieron las playas de arena de lo que ellos llamaron «tierra boscosa», una región que hoy conocemos como península del Labrador y que pertenece a Canadá. Y un nuevo viaje hacia el suroeste los llevó hasta lo que hoy es Terranova, que el hijo de Erik el Rojo llamó Vineland, o «tierra de viñas», por encontrar entre los matorrales numerosos ejemplares silvestres de esta planta.

De modo que los vikingos llegaron a América del Norte y, aunque no establecieron asentamientos permanentes en estas nuevas tierras, eran habituales los viajes en barco desde Groenlandia hasta allí para obtener madera, por rutas

que aprovechaban las corrientes marinas a la ida y volvían a favor de los vientos de sudeste. Y así lo hicieron durante dos siglos.



Expediciones vikingas, desde los primeros viajes a Islandia y Groenlandia hasta las incursiones en tierras norteamericanas.

Ciao Groenlandia

El historiador y climatólogo Brian Fagan lo resume muy bien: «La abundancia de bacalao y los siglos de clima templado insular permitieron a los habitantes de Groenlandia viajar a América del Norte y comerciar libremente con Islandia y Noruega. [...] Si no fuese por el Periodo Cálido Medieval, podrían haber transcurrido cientos de años antes de que algún aventurero colonizara Groenlandia o avanzara más allá de sus fiordos». Pero si la influencia silenciosa

del clima estaba detrás de este importante descubrimiento, tampoco sería ajena a la hora de facilitar el final de las colonias.

Acabado el Periodo Cálido Medieval, y en medio de nuevas condiciones climáticas, los asentamientos vikingos en Groenlandia fueron siendo abandonados a partir del siglo xv. En 1378 ya no había obispo en la diócesis, y en 1490 no existían barcos que trasladasen mercancías: el comercio del marfil de los elefantes africanos había empezado a sustituir al de los colmillos de morsa. Los inuit de la cultura Thule, que estaban en Groenlandia antes de que llegaran los europeos, comenzaron a extenderse hacia el sur. Quizá la vida se les hacía tan dura allí, en sus regiones de procedencia, que emigraron buscando tierras menos inhóspitas. Y, a su vez, los vikingos de Groenlandia abandonaron las colonias. Europa atravesaba en ese momento el periodo climático más frío de su historia reciente: la Pequeña Edad de Hielo.

12

LA PEQUEÑA EDAD DE HIELO

Si algún día se inventa la máquina para viajar en el tiempo y las becas Erasmus siguen existiendo, no te pidas el siglo XIV. Que sucedan ambas cosas es altamente improbable —sobre todo, me temo, la segunda—, pero lo que sí es seguro es que el siglo XIV no era un buen momento para estar en Europa. En el invierno de 1309 a 1310 el Támesis se congeló, y también la ruta entre el mar Báltico y el Canal de la Mancha. A partir de 1313 y durante ocho años seguidos, las lluvias que antes descansaban en verano continuaron también durante los meses estivales, sobre todo en el año 1315, el del «gran diluvio». Entre 1347 y 1352, la Peste Negra, agravada por un recrudecimiento de las condiciones climáticas, se llevó por delante un tercio de la población europea. Las condiciones tan benignas del clima de las que había disfrutado nuestro continente en los siglos precedentes estaban cambiando. Si hasta entonces lo normal es que hubiera años de buen tiempo, intercalando algunos desfavorables, a partir de ahora lo raro iba a ser encontrar un año bueno. Empezaba en Europa la Pequeña Edad de Hielo, que se prolongaría durante cinco siglos más.

Un frío de cinco siglos

La Pequeña Edad de Hielo o PEH (aunque antes también llegó a conocerse como Pequeña Edad Glacial) es como se denomina a un reciente periodo de la historia en el que las características del clima europeo fueron sensiblemente más frías que las actuales. A pesar del nombre, no hay que pensar que las condiciones fueran tan extremas como las de las glaciaciones del Cuaternario o las eras glaciales anteriores. Se trata de un periodo muy amplio en el que las

temperaturas en conjunto fueron más bajas que las actuales, sobre todo por los inviernos largos y fríos —más que los de ahora—, que propiciaban años de heladas intensas y tardías y frecuentes nevadas. También existían veranos cálidos o incluso ardientes, y esta variabilidad térmica extrema, a veces de un año a otro, es precisamente uno de los rasgos que definen el periodo. Por último, las manifestaciones más severas del clima, como las tormentas y los temporales o las riadas y las sequías, también se hicieron más frecuentes en estos años. En conjunto, el clima a partir del siglo XIV comenzó a volverse más hostil.

No hay una fecha exacta para el principio y el fin de este periodo climático, ni tampoco afectó a todas las partes del mundo por igual. En el norte de Europa ya comenzaron a notarse las nuevas y frías circunstancias a partir del siglo XIV, y se mantuvieron hasta mediados del XIX. En ese largo periodo de más de cinco siglos hubo lógicamente de todo. Aunque lo habitual sería ver años —y periodos de años— con nevadas, heladas y temporales, también los hubo más tranquilos y con temperaturas similares a las actuales. La variabilidad fue la tónica general, junto al predominio de condiciones más frías. Sobre todo hay una parte de este periodo, en los 150 años que van desde 1550 hasta 1700, en la que las temperaturas bajas se impusieron al resto durante fases más amplias y que podríamos considerar el núcleo duro de la PEH. En esos siglos fue cuando España más notó sus efectos, y dentro de ellos se diferencia otra etapa más corta, entre 1590 y 1610, en la que los científicos consideran que se puede hablar de fenómeno global al haber comprobado que también otras zonas del mundo sufrieron en esas dos décadas un corto pero intenso ciclo de bajas temperaturas.

El siglo más duro

En el siglo XIII, donde habíamos dejado nuestro capítulo anterior, todo era coser y cantar, o luchar y cosechar, al albur del abrigo más o menos cálido de un clima tranquilo. En el XIV —antes en el norte de Europa— esas condiciones ya comienzan a cambiar, y en los archivos históricos empiezan a predominar las crónicas relacionadas con inviernos fríos y años extremadamente lluviosos. Sobre todo lo fue el de 1315, conocido como el del «gran diluvio». El norte de Europa fue barrido por una sucesión de borrascas que empezaron con el año y no pararon hasta después del verano. Los campos no tenían tiempo para asimilar el agua y enseguida brotaban charcos por todos lados, convirtiendo las calles en ríos de barro y los campos recién arados en lagunas de lodazal. «Durante casi

todo mayo, junio, julio y agosto no paró de llover», cuentan las crónicas de la época que recopiló Willian Johnson y recoge Brian Fagan en su libro *La Pequeña Edad de Hielo*. En muchos casos los bueyes ni podían entrar a arar, aunque tampoco había mucho que sembrar... Y luego, en consecuencia, casi nada que recoger. La cosecha de 1315 fue un total desastre. Y luego llegó la temporada siguiente, y fue peor: «El año 1316 fue el peor de toda la Edad Media en lo que a cultivo de cereales se refiere. En muchos sitios las plantas no medraron y las de aquellos lugares donde se pudo cosechar el trigo eran raquílicas y la producción lamentable», escribe Fagan. También la producción de vino se resintió, atacadas las viñas por el mildiu, una plaga que se propaga con facilidad en condiciones de gran humedad.

No solo había menos alimento para las personas sino también para el ganado, que moría por miles de hambre o de frío. Al no recoger los ejemplares muertos las enfermedades se trasmitían con mayor facilidad, contribuyendo a aumentar la mortandad. Y, con menos bueyes disponibles para tirar del arado, se completaba una triste cadena que conducía a un único final: la gran hambruna.

Las fuertes lluvias y las grandes hambrunas de los años 1315 y 1316 en el norte de Europa pudieron marcar el inicio de un largo periodo de tiempo errático y a menudo virulento. En las décadas siguientes volvieron a aparecer los años secos e incluso cálidos, pero se trató de apenas un intermedio antes de que regresaran los fríos. También las tormentas y los vientos en el Canal de la Mancha empezaron a ser más intensos con asiduidad. A pesar del predominio de años malos, el clima en general permitía otros buenos, y todavía en la primera mitad del siglo, sobre todo en Francia, se hablaba del *monde plein* o el mundo pleno. Una plenitud que tenía los días contados. Antes de que acabara este siglo, una pequeña bacteria, la *yersinia pestis*, iba a exterminar a un tercio de la población europea.

La peste negra

La peste negra o peste bubónica es la mayor epidemia de peste que sufrió Europa, y la responsable quizá de que tengamos esa imagen siniestra de la Baja Edad Media: ciudades asoladas por la muerte y un mundo en descomposición, infestado de muertos vivientes envueltos en harapos. La infección pudo aparecer en las estepas de Asia; allí las pulgas infectaron a las ratas que luego viajaron en barco, con la peste a cuestas, hasta Europa. La puerta de entrada fue el puerto de

nuevo escenario teníamos por un lado más población, después del incremento demográfico del periodo anterior, y, por otro lado, esa mayor cantidad de gente disponía de una menor cantidad de alimentos. Con el exceso de lluvias en invierno, primavera y verano, cada diez años había una mala cosecha, y un nuevo pico en la epidemia se hacía notable. Las condiciones higiénicas y las guerras también tuvieron mucho que ver en la extensión de la epidemia, pero el efecto sutil del clima estaba allí desde antes para preparar el terreno. Definitivamente, el siglo XIV no es buen destino si alguna vez te toca viajar en el tiempo con una beca Erasmus.

A partir del año 1315 y hasta el 1550 el clima se fue haciendo cada vez más inestable, y a partir del 1550 sobre todo más frío. En los próximos capítulos veremos cómo se desarrollaba la vida en Europa bajo la amenaza casi constante de inviernos muy crudos, alternados con veranos frescos o extremadamente cálidos. Hablaremos también de las causas de esta bajada de las temperaturas y conoceremos cómo, aparte del termómetro, también el régimen de precipitaciones sufría una gran variabilidad. Años secos se alternaban con otros donde las lluvias torrenciales y los fuertes temporales se cobraban miles de vidas de europeos, como los que sacudieron a la Armada Invencible en 1588 en su viaje de regreso a España. Hablaremos de ello, y también de cómo en esos años en los que era habitual ver nevar en España y encontrar nuestros ríos cubiertos por el hielo se creó un negocio alrededor del frío del que surgieron nuevos oficios y elementos arquitectónicos aún presentes en nuestro paisaje: el comercio de la nieve.

Todo ello sucedió en el núcleo más duro de la PEH, entre 1550 y 1700. Pero antes ya se podía anticipar la influencia silenciosa de un clima más frío en los avatares históricos de Europa. Y los primeros en notarlo fueron aquellos que primero abandonaron las condiciones cálidas del clima: los pueblos nórdicos asentados en Islandia y Groenlandia y los navegantes que surcaban los mares del norte.

Vuelve el hielo

Aquellas rutas antaño despejadas para que los noruegos pudiesen llegar a Islandia, colonizar Groenlandia y realizar incursiones en Terranova —como vimos en el capítulo anterior— empezaron de nuevo a plantear dificultades. Durante los inviernos, la capa de hielo volvía a desplazarse más al sur y

permanecía ahí hasta principios de verano: los barcos comenzaron a encontrarse más obstáculos, además de nuevas tormentas, y empezaron a viajar menos.



Asentamientos de colonos en Groenlandia hacia 1200, poco antes de que fueran abandonados debido al empeoramiento de las condiciones climáticas.

Hacia 1250 ya había disminuido bastante el número de barcos noruegos que viajaban a las colonias. El siglo XIV trajo varios ciclos de frío a Groenlandia y los asentamientos de colonos, sobre todo el de la parte occidental, no pudieron resistir la crudeza de los inviernos y la ausencia de veranos. Asediados por el

hambre y el frío, abandonaron el asentamiento occidental hacia 1350; un siglo más tarde también se iría despoblando el asentamiento oriental. Quizá no fue solo la falta de tierras y cosechas lo que les hizo salir de allí, pues una investigación reciente ha concluido que aquellos colonos basaban su dieta en focas y animales del mar, y esos alimentos no escasearon tanto como los de origen vegetal. Quizá también fue el aburrimiento lo que les indujo a partir, o el hecho de que, al no ser las condiciones del clima tan benignas como antes, ya no les mereciese la pena seguir allí. Todo influye, todo suma.

Sea como fuere, a partir del siglo xv ya no era tan fácil la vida en las colonias, y sobre todo no era tan fácil viajar desde ellas hasta Islandia o Noruega. Las rutas no eran directas y había que bordear las capas de hielo o salir antes a mar abierto, y al hacerlo aumentaba la probabilidad de encontrar una fuerte tormenta de verano en mitad del océano. Porque ya por entonces solo era en verano cuando el mar permitía viajar. Después, ni eso. El papa Alejandro VI comenta en una carta: «Viajar a Groenlandia no es una empresa que se realice con frecuencia, pues el hielo invade las aguas del mar. Se estima que ningún barco ha llegado a sus costas en los últimos ocho años». La carta está fechada en 1492. En ese año, los viajes, y la historia, ya surcaban otros mares.

13

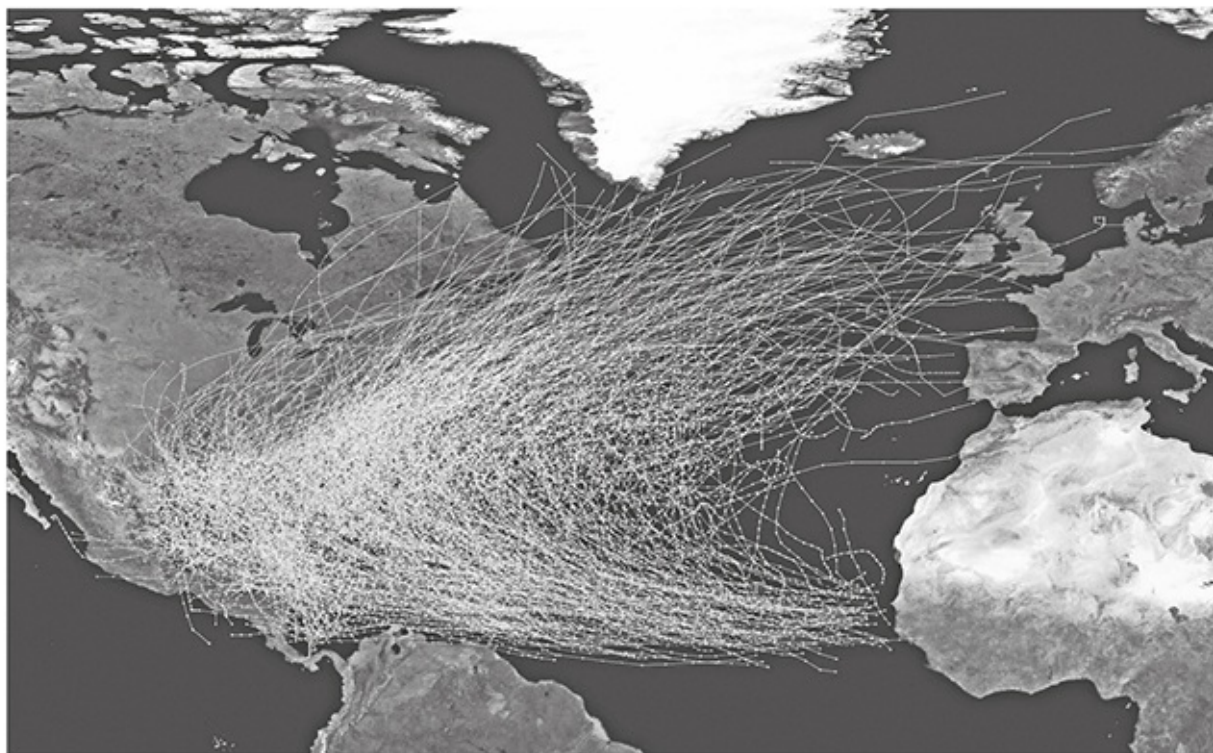
EL VIAJE DE COLÓN

Miles de toneladas de arena sahariana cruzan cada año el Atlántico en un viaje de casi 3000 kilómetros con un destino final: fertilizar el Amazonas. Con datos obtenidos por instrumentos a bordo de un satélite de la NASA los científicos pudieron determinar, en un estudio publicado en 2015 por la revista *Geophysical Research Letters*, que anualmente toneladas de polvo del Sáhara llegan a la selva amazónica cargadas de nutrientes, sobre todo fósforo. Desde el satélite se pueden captar imágenes de un penacho de polvo viajando desde África a Canarias, y desde allí cruzando el Atlántico hasta desembocar incluso más allá, en la cuenca del Amazonas. De las 182 millones de toneladas que abandonan el Sáhara, 27 llegan al Amazonas, como nos permiten descubrir observaciones en tres dimensiones sin precedentes del polvo atmosférico cruzando el océano. Gracias a ese polvo, la vegetación del Amazonas puede recuperar el fósforo que desaparece rápidamente en su entorno debido a las constantes y abundantes lluvias. La ayuda les llega del otro lado del Atlántico y viaja en esos vientos del este que soplan desde tiempos remotos, y que son los mismos que impulsaron hace más de quinientos años las velas de las embarcaciones españolas que buscando las indias encontraron un nuevo continente. Y ese trayecto de este a oeste es el mismo, y casi por la misma ruta, que cada año hacen varias tormentas tropicales e incluso algún huracán. Sin embargo, en su primer viaje Cristóbal Colón no se encontró con ningún huracán, y gracias a eso pudo llegar, y volver para contarlo.

Donde nacen los huracanes

Frente a las costas africanas empiezan a gestarse muchos de los huracanes que semanas más tarde serán noticia en el Caribe. Las aguas de Cabo Verde o las costas de Senegal, Guinea o Sierra Leona son auténticos semilleros de ciclones tropicales que se desarrollarán después a lo largo del Atlántico. En muchas ocasiones, el embrión de esa tormenta tropical que cancela vuelos en el aeropuerto de Miami o impide que salgan del hotel los turistas de Cancún hay que buscarlo en África, a muchos kilómetros de distancia.

La historia es más o menos así. Una pequeña borrasca o perturbación se crea frente a las costas del continente africano, algo más al sur del Trópico de Cáncer. Engarzada en el viento del este, esa perturbación comienza a viajar hacia occidente, y en su camino encuentra aguas más cálidas. En su seno empiezan a crecer nubes de tormenta que son capaces de liberar grandes cantidades de calor latente; se agudizan las diferencias de presión, y aquella pequeña borrasca empieza a crecer en tamaño y estructura para mostrar ya un característico giro que la identifica como un ciclón tropical en su primera fase: depresión tropical. Solo necesita seguir encontrando condiciones adecuadas que la permitan crecer hacia sus siguientes estadios, y esas condiciones son esencialmente que siga circulando por aguas cálidas y que el viento no presente demasiadas diferencias verticales en cuanto a dirección o intensidad, lo que se conoce como cizalladura. Si se cumple con estos requisitos, el ciclón da un paso más en su crecimiento y ya tenemos una tormenta tropical, girando en mitad del océano a varios cientos de kilómetros del lugar donde nació. Muchas de las depresiones tropicales no llegan a ser tormentas tropicales, y otras tantas de estas se generan y mueren, sin llegar a más, en mitad del Atlántico. Solo se dan cuenta de su existencia los satélites que vigilan esa zona del mundo y los barcos que no hayan tenido la suficiente precaución de informarse de las condiciones meteorológicas en su travesía, algo que en la actualidad es bastante improbable. Pero hay tormentas tropicales que continúan su viaje hacia el oeste, y al entrar en aguas caribeñas, con temperaturas en torno a los 26,5 °C, continúan desarrollándose. Y así, cerca ya de numerosas islas y archipiélagos habitados, la tormenta tropical se transforma en un huracán, una masa organizada de tormentas en torno a un ojo situado en su centro, ahora ya perfectamente definido: el último estadio de aquella pequeña borrasca africana. A partir de aquí, dependiendo de las nuevas condiciones que vaya encontrando, podrá seguir ganando intensidad, y según la fuerza de sus vientos irá incrementando su categoría hasta un máximo de cinco.



Trayectoria de todos los huracanes que se han producido entre 1851 y 2005. Como puede verse, muchos de ellos nacen en las costas de África y atraviesan el Atlántico. (Fuente: Wordpress)

Los meteorólogos calculan que de cada cien perturbaciones que nacen en esa región embrionaria de África, entre quince y veinte pueden acabar en ciclón tropical al otro lado del Atlántico. Y lo curioso es que tanto su recorrido, esa autovía invisible por la que viajan sobre el océano, como el lugar donde desemboca su trayectoria son prácticamente idénticos a los que siguieron la *Pinta*, la *Niña* y la *Santa María* hace 525 años. Pero ni Cristóbal Colón ni los noventa hombres que le acompañaron en aquel primer viaje que ha pasado a la historia tuvieron que enfrentarse a una de las temidas tempestades que desatan estas tormentas tropicales ni a la pesadilla de un huracán con vientos superiores a los 120 kilómetros por hora golpeando los cascos de las carabelas o empujándolas peligrosamente hacia las costas antillanas. Y la razón está más allá de una mera casualidad, o de ese destino de la Providencia que, muchos años después, un Colón maltrecho en el ánimo y la salud desarrollaría en su *Libro de las Profecías*. Silenciosamente, el clima también dibujó el escenario favorable para que Colón llegara a buen puerto sin tener que luchar contra los elementos.

La peor fecha

Cuando me preguntan los amigos recién casados cuándo es el mejor mes para irse de viaje de novios al Caribe yo siempre les digo que enero. Ellos me suelen responder que en enero se va a casar mi tía —no sé a cuál se refieren porque de las que tengo ninguna está soltera— y que les diga si es mejor agosto o septiembre, que son los meses en los que tienen vacaciones que pueden juntar a los días de libranza nupcial. Pues justo, suelo responder, esos son dos de los tres meses que registran de promedio un mayor número de ciclones tropicales en el Atlántico. Y justo fueron esas las fechas que eligió Colón para iniciar sus cuatro viajes. El tercero es el mes de octubre, justo la fecha de la primera llegada a tierras americanas. El almirante y los Pinzón tuvieron un final feliz en su viaje, pero no eligieron precisamente las mejores fechas para su histórica empresa.

La temporada de huracanes en el Atlántico se extiende oficialmente desde el 1 de junio hasta el 30 de noviembre. Eso no quiere decir que fuera de esas fechas no pueda darse algún ciclón tropical, pero es en ese periodo cuando se producen la mayoría y cuando las instituciones que tienen autoridad sobre la vigilancia de estos fenómenos emiten las predicciones y los avisos correspondientes. En 2016, por ejemplo, fuera de la temporada oficial tuvimos un raro ciclón tropical que se desarrolló en las Azores en el mes de enero y que recibió el nombre de Alex, ya que los nombres de las tormentas de cada temporada están prefijados en unas listas concretas que siguen el orden alfabético, alternando nombres femeninos y masculinos. Según van surgiendo los ciclones se les va asignando el nombre correspondiente de la lista, de modo que sus iniciales nos sirven para saber el lugar que ocupan en la temporada. El último de la de 2016 fue Otto, que tocó tierra en Nicaragua el 24 de noviembre. Ese año, el último con datos a la hora de escribir estas líneas, se produjeron en el Atlántico un total de quince ciclones tropicales: ocho de ellos se quedaron en tormenta tropical y siete llegaron a huracán, de los cuales tres crecieron hasta categoría 3 o superior, lo que se denomina como gran huracán, o *major* en inglés.

Actualmente, la media de ciclones tropicales en el Atlántico es de 12,1 por año, de los cuales 6,4 llegan a huracán y 2,7 a gran huracán. Estas cifras se sostienen en un periodo de referencia que incluye los datos de los ciclones ocurridos de 1981 a 2010 y que es el que maneja la NOAA (siglas en inglés de la Administración Nacional de Oceanografía y Atmósfera) de los Estados Unidos.

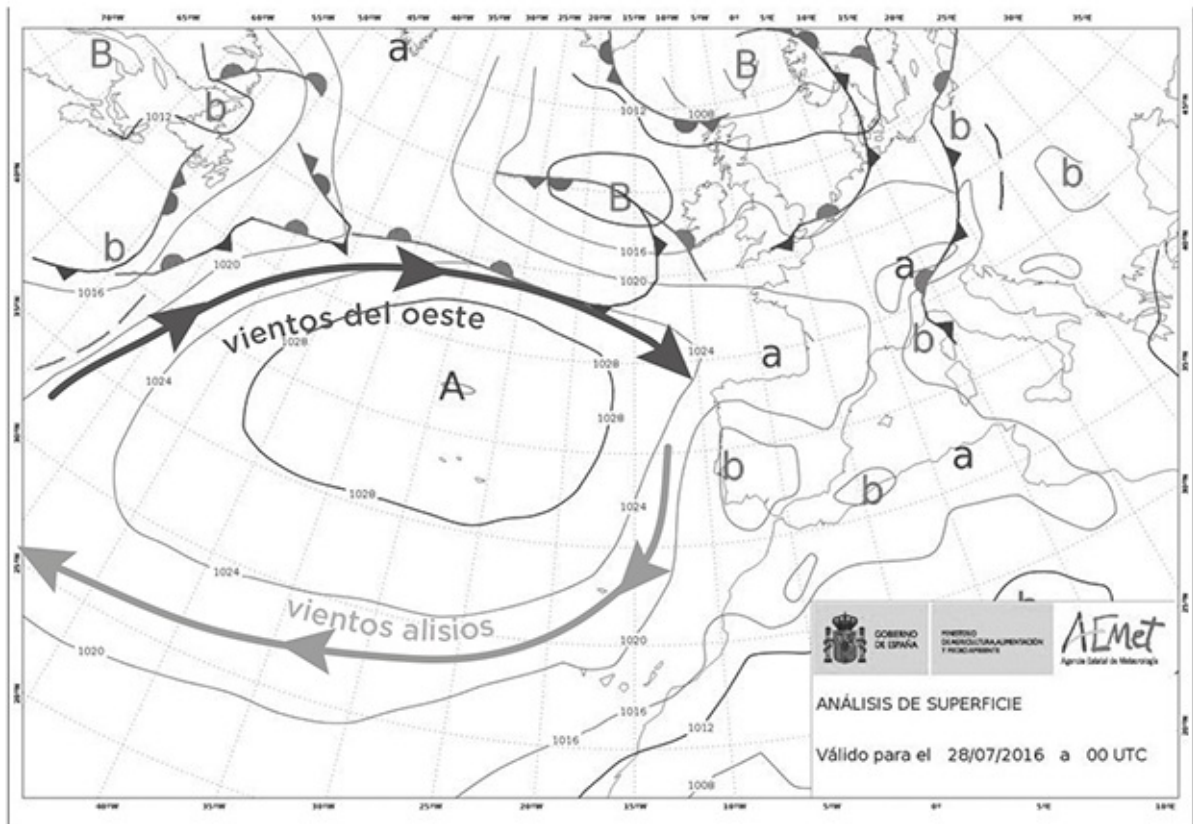
Pero volvamos a la temporada de 2016. De los quince ciclones tropicales mencionados, doce de ellos, la gran mayoría, se formaron en los meses de

agosto, septiembre y octubre: desde el 3 agosto, cuando el huracán Earl empezó a gestarse unas millas al este de La Española, hasta el huracán Nicole, que llegó a alcanzar categoría 4 con vientos de 210 kilómetros por hora desplazándose entre el 12 y el 18 de octubre por el norte de las Antillas. Y entre medias tuvimos el histórico huracán Matthew, de categoría 5, la máxima en la Escala Saffir-Simpson, que es el primero en merecer esa calificación en el Atlántico desde 2007. Sin duda, tanto estas fechas como los lugares les resultarán familiares a quienes conozcan, aunque sea someramente, los detalles del primer viaje de Colón.

Navegando con el alisio

Aquel 3 de agosto de 1492 estas consideraciones no estaban en la cabeza de Colón ni en la de los hermanos Pinzón a la hora de escoger el día de partida: ellos no conocían entonces la existencia de los ciclones tropicales. Es más, en esa fecha, en pleno verano, pensarían que las condiciones serían óptimas para viajar, al contar con los vientos alisios a su favor, que sí eran bien conocidos por los marinos y navegantes del suroeste peninsular. Aunque todavía entonces no supieran que el responsable de que soplasen con fuerza y constancia durante el verano es algo que a nosotros nos resulta ahora muy familiar: el anticiclón de las Azores.

Las altas y bajas presiones se distribuyen por la atmósfera planetaria, y de su continua relación depende que haga un tiempo u otro cada día, igual que a la larga se configura el clima bajo el que se desarrolla nuestra vida. Mientras que el recorrido de las borrascas o zonas de baja presión es más errático y diverso, los anticiclones tienden a estar presentes en las mismas zonas. En este caso, el anticiclón de las Azores es la amplia zona de altas presiones situada en el centro del Atlántico norte, donde se producen grandes descensos de aire, o subsidencia, como una consecuencia más de la circulación general de la atmósfera.



Situación isobárica típica del anticiclón de las Azores en verano, con los vientos que genera. (Fuente: AEMET)

Aunque siempre suele estar por ahí, no siempre está en el mismo lugar. El centro del anticiclón puede desplazarse más al norte o al sur, extenderse más hacia el este o el oeste, reforzarse o debilitarse... Y de su configuración exacta depende, por ejemplo, el tiempo que suele hacer en nuestro país. En verano, el anticiclón tiende a prolongarse hacia el norte y abarcar toda la península ibérica, deparando un tiempo seco, soleado y caluroso. Cuando en otoño se desplaza más al sur permite el paso de los frentes y borrascas que llegan desde el noroeste, y tenemos días más frescos y lluvias abundantes. Pero si aparece en invierno, ejerce su bloqueo a cualquier atisbo de precipitación y no pueden llegar las esperadas nevadas. A cambio, nos depara días de nieblas persistentes, fuertes heladas y, como últimamente venimos conociendo, provoca que se disparen los índices de contaminación en las grandes ciudades al generar una inversión térmica que impide la dispersión de la polución, con las consiguientes restricciones al tráfico de vehículos que implementan algunos municipios.

Pero, por los bordes de ese anticiclón, el aire se mueve. Y el aire en movimiento es viento. En este caso, el viento generado por el movimiento anticiclónico cuyo centro podemos situar en las Azores es un viento de noreste que, bordeando el anticiclón, va a caer con persistencia al norte de nuestras islas Canarias. Que podamos avistar esos mares de nubes tan espectaculares en las faldas del Teide o en la isla de La Palma, o la panza de burro que muchos días del verano cubre los cielos de Las Palmas, se debe a ese flujo constante, fresco y húmedo que es el viento del noreste o viento alisio. Y es precisamente en los meses de verano cuando el centro del anticiclón está prácticamente inmóvil sobre la vertical de las Azores, y por tanto cuando más presencia y constancia tienen estos vientos. Cuando aquel 3 de agosto las carabelas desplegaron sus velas en el puerto de Palos, ingresaron en esa autopista invisible de viento regular y constante que les conduciría en seis días al archipiélago canario, la primera escala de un viaje que desembocaría en la historia.

Llegó el día

La fecha, contraindicada por la posible presencia de los huracanes, era idónea pues para aprovechar la fuerza del alisio. Esa influencia silenciosa —aunque no lo es tanto cuando el viento hace chocar las jarcias y aparejos en la ruidosa banda sonora del mar— podría haber contribuido a seleccionar ese momento y no otro, pero las causas últimas y fundamentales estarían en las vicisitudes políticas y organizativas a las que se vería expuesto Colón antes de embarcarse de verdad. Tras meses de negociación fue un 17 de abril cuando se firmaron las Capitulaciones de Santa Fe, donde, entre las condiciones y prebendas para el viaje, los Reyes Católicos otorgaban a Colón una Real Provisión en la que se ordenaba que los vecinos de Palos pusiesen a su disposición dos naves totalmente armadas y aparejadas. Pasa casi un mes hasta que la orden es leída a las puertas de la iglesia de San Jorge Mártir, el 23 de mayo de 1492, y aún habrían de pasar varias semanas más, ya que Colón desestimó las dos naves que le fueron entregadas por imperativo real y se dispuso a buscar otras. Es en ese tiempo cuando conoce a Martín Alonso Pinzón, que ofrece su nave a la causa: la *Pinta*. Y compromete en la empresa también a sus propios hermanos, Vicente y Francisco, y a los hermanos Niño, familia marinera de Moguer. Con estos fichajes se van convenciendo otros marineros, hasta entonces remisos, para engrosar la tripulación de a bordo. Poco a poco se van juntando hombres y

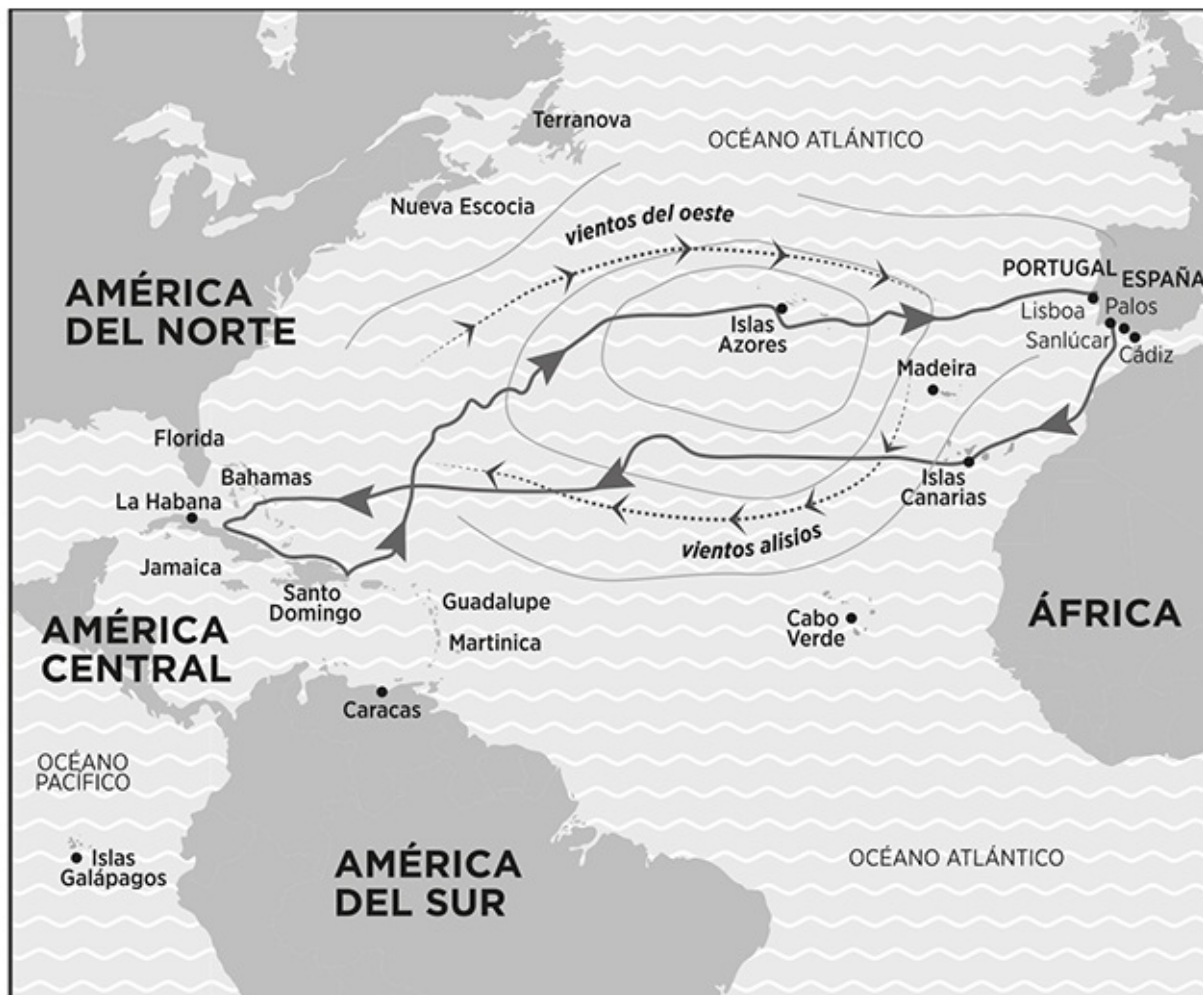
naves: la tercera que llega fue la carraca o carabela *María Galante*, propiedad de Juan de la Cosa, oriundo de Santoña, que después cambiaría el nombre por el de *Santa María*. Y así es como fueron pasando los días hasta llegar el 3 de agosto, cuando partieron las tres naves con los noventa hombres, desplegando sus velas para que los vientos alisios les empujasen de popa y sin descanso hasta las islas Canarias. Y de ahí a las Indias, según pensaba Colón, pues es donde el almirante quería llegar.

Hacia el oeste, y siempre de manera regular y constante, continuó el viento alisio empujando a las carabelas. Como ya vimos antes, el anticiclón de las Azores puede estar más o menos desplazado hacia el norte o hacia el sur, pero también más extendido, como desparramado de este a oeste, y entonces el efecto del viento que bordea las altas presiones puede llegar hasta el Caribe, siguiendo casi en paralelo pero un poco más al norte la línea del Trópico de Cáncer. El viento es ahora del este: el mismo que traslada la arena de un lado al otro del Atlántico en ese recorrido que en la actualidad podemos ver en las imágenes que nos ofrecen los satélites es el que impulsaba sin descanso a los descubridores españoles. Como cuenta el meteorólogo Alberto Linés, «algunos pensaban que siempre soplaría ya ese viento y no podrían regresar jamás». Tras distintas vicisitudes con la tripulación —que amagó con rebelarse varias veces, pues en aquella época es probable que ningún marinero hubiera pasado más de diez días seguidos sin dejar de ver tierra—, que no con el tiempo, el 12 de octubre Cristóbal Colón llegó a la isla de Guanahani, en el archipiélago de las Antillas. Isla habitada y por lo tanto ya descubierta, pero que Colón descubriría para los europeos, llamándola San Salvador: «Una página de la historia se había completado —escribe Linés— y el mapa del tiempo de los días anteriores había señalado, con pocas excepciones, buen tiempo, con vientos del este propios de la corriente del flanco meridional del anticiclón de las Azores».

Y ahora hay que volver

Es fácil hablar ahora de la circulación general de la atmósfera y del anticiclón de las Azores, pero en tiempos de Colón no se conocían ni la una ni el otro. Habría que esperar tres siglos para que se plasmase la teoría que explicase la primera y hasta finales del siglo XIX para que tuviera nombre propio el anticiclón, que fue bautizado por el meteorólogo francés León Teisserenc de Bort. Sin embargo Colón lo intuyó en su primer viaje, tanto a la ida como a la vuelta. Volver por el

mismo lugar, cara al viento, era imposible o por lo menos interminable, al tener que trazar bordadas infinitas para ir cogiendo el viento de través. Para regresar, las dos carabelas (la *Santa María* había encallado el 25 de diciembre en la recién descubierta isla La Española, y sus restos sirvieron para construir el Fuerte Navidad: el primer asentamiento europeo en el continente americano) se desplazaron más al norte, aprovechando la corriente del Golfo, que discurre de occidente a oriente —desde el golfo de México hacia Reino Unido—, y tomando su impulso en esta ocasión de los vientos del oeste. «El primer viaje de Colón fue un completo rodeo del gran anticiclón de las Azores», como nos dice Linés. Sin embargo, el almirante lo desconocía. Igual que se equivocó al calcular la distancia que separaba Europa de Catay y de Cipango, el actual Japón, verdadero objetivo que esperaba encontrar en su viaje. Lo había dejado escrito el astrónomo florentino Toscanelli en una carta que llegó a manos de Colón e hizo volar su imaginación: se puede llegar al este viajando hacia el oeste. Se equivocó de objetivo pero acertó en la idea. Rodeó el anticiclón de las Azores sin saber entonces que su movimiento era casi circular, llegando a América cuando pensaba alcanzar Japón. Demostró que la Tierra era redonda cuando quizá solo quería navegar. Y en su viaje de ida le acompañó la fortuna de un tiempo óptimo para la navegación.



Recorrido del primer viaje de Colón. Las carabelas siguieron el camino de los vientos alisios a la ida y el de los vientos del oeste a la vuelta: un viaje alrededor del anticiclón de las Azores.

El mal tiempo, sin embargo, sí estuvo presente en el viaje de regreso. El 16 de enero de 1493, tras haber explorado las Antillas, recalado en Cuba y levantado el Fuerte Navidad en La Española con los restos de la malograda *Santa María*, comienza Colón su viaje de retorno a España a bordo de la *Niña*, con Martín Alonso Pinzón al mando de la *Pinta*. Pero el 14 de febrero, casi un mes después, un temporal de viento y lluvia dificulta la navegación y las dos carabelas separan sus rumbos. Martín Alonso Pinzón fue el primero en llegar a la península ibérica y arribó en Bayona, provincia de Pontevedra, hacia el 18 de febrero. Colón llegó el 15 de marzo al puerto de Palos, tras haber atracado en Lisboa once días antes... y justo después de recalar precisamente en la isla de Santa María del archipiélago de las Azores.

Posiblemente uno o varios frentes fríos, el encadenamiento de borrascas atlánticas propias del invierno, afectaron el primer viaje de Colón en su regreso, sobre todo en el tramo final. Quizá pudieron ser los restos de un huracán convertido en borrasca extratropical. También los huracanes, tras descargar su furia en el Caribe, emprenden un viaje de regreso y lo hacen por el mismo lugar: siguiendo la corriente del Golfo. Pero al ir internándose en aguas más frías de latitudes más altas, van perdiendo la energía que les quedaba y la dinámica de su recorrido es la inversa de la que vimos al principio, despojándose de sus características tropicales según avanzan para acabar convirtiéndose en una borrasca más de las muchas que afectan en invierno al noroeste de Europa: es bastante habitual a lo largo de un año que alguna de las borrascas que llegan a Irlanda o nos dejan lluvias en Galicia sean los restos de lo que antes, muy lejos de allí, fue un potente ciclón tropical. Quizá fuera ese su origen o quizá, y esto es lo más probable, fuera simplemente una borrasca «común» la que se interpuso entre las carabelas en el viaje de regreso. Pero lo que sí es seguro es que en el viaje de ida, ni tormentas tropicales ni huracanes se interpusieron en la cita con la historia de nuestras tres carabelas. Y podemos intuir por qué.

La influencia silenciosa

Las tormentas tropicales necesitan calor para crecer y desarrollarse. El calor es el combustible de los huracanes, la energía que después liberan transformada en intensos vientos, tormentas virulentas, lluvias torrenciales y marejadas ciclónicas que arrasan las costas que golpean. Hace quinientos años la temperatura media del océano era muy probablemente inferior a la que tenemos ahora, aun con sus fluctuaciones periódicas determinadas en gran parte por los fenómenos de El Niño y La Niña. Con una temperatura media dos grados inferior a la actual resultaría más difícil alcanzar los 26 °C que se consideran adecuados para que se pueda formar el ciclón tropical. Las tormentas más nocivas se desarrollaban más al norte de esas latitudes, y estaban por ello más expuestas a un mayor enfriamiento de las aguas, con unos hielos polares situados bastante más al sur de lo que conocemos ahora, como ya vimos en el capítulo anterior. Fuertes tormentas azotaban el mar del Norte en la primera mitad del siglo xv: el 19 de agosto de 1413 la ciudad escocesa de Forvie queda enterrada por una duna de arena que arrastran intensos vientos del sur en el momento de la bajamar. Grandes tempestades afectaron a las ciudades costeras del Reino Unido en 1421

y 1446, pudiendo llegar a morir más de 100.000 personas, según calcula Brian Fagan.

El final del siglo xv venía precedido de una primera mitad en la que se sucedieron las borrascas y temporales en el noroeste de Europa algo más al sur que en la centuria precedente, alternados con inviernos en los que, al contrario, persistía el anticiclón de bloqueo, con sus ya citadas consecuencias. Los viñedos franceses se helaron en el invierno de 1431 a 1432, una hambruna afectó a la mayor parte de Europa entre 1433 y 1438 y el análisis de los anillos de robles del sur de Inglaterra confirma que los inviernos y primaveras fríos se sucedieron allí entre 1419 y 1459, según relata Fagan. En España, el 1 de febrero de 1433 nieva en Zamora durante cuarenta días seguidos, hasta el 12 de marzo, y el Ebro se hiela en Tortosa en 1442 y 1447; las primeras de las muchas heladas que vendrían después, como veremos con más detalle en el capítulo siguiente. La Pequeña Edad de Hielo aún depararía momentos más fríos durante los dos siglos siguientes, pero las bajas temperaturas no eran ya algo inusual a lo largo del xv.

El huracán de Colón

A pesar de que las condiciones no serían las más favorables para el desarrollo de ciclones tropicales, sí los hubo en aquellas fechas. De hecho, son los que inician la serie de los observados en el Atlántico, al ser nuestros expedicionarios los primeros europeos que estaban allí para dejar constancia de ellos. En el segundo viaje los descubridores se enfrentaron a temporales al llegar al Caribe, aunque no parece que tuvieran la entidad de ciclones. Probablemente eran más bien resultado del choque de masas polares que descendieron y se encontraron con bloques más cálidos, y fruto de esa colisión se generaron frentes que, como en la actualidad, depararían lluvias, tormentas de mayor o menor intensidad que podrían evolucionar hasta convertirse en temporales. Ya el 16 de junio de 1494 pudo golpear el litoral de La Española lo que habría sido el primer huracán documentado, y al año siguiente en las Antillas tres barcos resultaron hundidos en una fuerte tormenta, posiblemente originada en un ciclón tropical. El propio Cristóbal Colón fue testigo de ella, y no le costó diferenciarla de los temporales comunes que había sufrido en su vida: «Nada a excepción del servicio a Dios y la extensión de la monarquía me expondrían a tal peligro». Lo aprendido en esta mala experiencia le serviría, unos años después, para ejercer de predictor ante la llegada de otro posible huracán.

Ocurrió en 1502, durante el cuarto y último viaje de Colón a las Indias. A finales de junio, después de zarpar un mes antes de Sanlúcar de Barrameda con una flota de cuatro embarcaciones y haber descubierto La Martinica en su travesía, Colón llega de nuevo a La Española. La isla estaba ahora gobernada por Nicolás de Ovando, que había llegado en febrero de ese año con treinta barcos, 2500 hombres y el encargo de los Reyes Católicos de hacerse con los mandos. Colón había caído en desgracia, acusado de mal gobierno, enfrentado a rebeliones internas y siendo objeto de una investigación a cargo de Francisco de Bobadilla, que volcó en la figura de Colón y sus hermanos la responsabilidad última del mal gobierno que reinaba en la recién nacida colonia. Pero aquel día en que Colón llegaba una vez más a La Española, con sus cuatro naves y el resquemor de haber sido despojado de sus cargos, le acompañó también un huracán. Avisó Colón de que no era normal la tormenta que se acercaba, al ser similares las condiciones a las que ya había vivido en esas aguas años antes, y pidió refugio para sus barcos: Nicolás de Ovando se lo negó. Resguardado en un puerto natural más al sur, Colón pudo ser testigo de cómo los vientos huracanados hundían veinte barcos de la flota de Ovando anclados en La Española, llevándose por delante la vida de quinientas personas. Aquel ciclón tropical de los primeros días de julio de 1502 hundió el barco de Francisco de Bobadilla, y quizá el marino genovés pensó que el viento, esta vez, quiso hacer justicia con los que eran sus enemigos.

El 11 de septiembre de 1504 abandona Colón por última vez el Nuevo Continente tras haber pasado casi un año de penurias en la isla de Jamaica, donde había naufragado su barco, víctima más bien de la broma (molusco que se alimenta de la madera de las embarcaciones) que de las tormentas, siendo rechazado por la mayoría de la tripulación que naufragó con él y conviviendo con los nativos de la isla, que le dieron amparo. Rescatado de allí por Diego Méndez, Colón regresa desde La Española a bordo de una carabela... como pasajero: el que había sido almirante de la mayor empresa marítima conocida hasta entonces tiene que pagarse de su propio bolsillo un pasaje para el viaje de vuelta.

Regresa a España el 7 de noviembre de 1504. No volvería a pisar tierra americana. Viaja entonces hasta Sevilla, donde una enfermedad le mantiene postrado en cama mientras escribe el *Libro de las Profecías*. El 26 de ese mismo mes fallece la reina Isabel de Castilla. Poco después, el día de Reyes de 1505, una nevada cae en Sevilla y deja un manto de veinte centímetros de espesor. Con

el silencio de la nieve, el clima avisaba de los fríos y duros años que aún tendrían que venir.

14

CUANDO SE HELABAN LOS RÍOS

La fuente Torán, en uno de los extremos del viaducto de Teruel, es un termómetro televisivo para medir las olas de frío. Cuando son noticia, la imagen de esta fuente congelada siempre aparece con carámbanos colgando, como las de otras tantas fuentes en calles y plazas de Valladolid, Cuenca o Salamanca, o la gota helada suspendida en la boca de un grifo en Vitoria. Pero, de las muchas fotos que recibo en mi programa con las heladas de los días más gélidos del invierno, algunas de las que más me atraen son las de los ríos helados. No son las más habituales y llegan solo cuando las temperaturas bajan de los $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, como ocurrió en los últimos días de 2016 en Aragón y Castilla y León. Sobre el río Duero, en la provincia de Soria, se formó una capa de hielo que cubrió su superficie en un tramo de umbría, lo suficientemente espesa como para que una familia se fotografiara caminando sobre su cauce congelado. También el Tajo, en Albarracín, permite que lo cruces caminando en muchos días de enero: en realidad, se trata tan solo de dar un pequeño salto, pues en esta zona es todavía un aprendiz de río. Otra cosa sería cruzarlo así en su tramo final, cerca del estuario en el que se convierte al llegar a Lisboa. Como ocurre con el río Ebro en Tortosa, junto al delta que forma en su desembocadura y por donde pasa con una anchura de sesenta metros. Pues bien: justo allí, el 12 de diciembre de 1506 un hombre pudo cruzarlo caminado sobre el agua helada. Aunque lo que es caminar, en realidad no lo hacía él, sino la mula sobre la que iba montado. En aquel siglo no era tan raro que este y otros muchos ríos de la península se congelaran. Una imagen que nos da una idea de la fuerza que debían de tener estas heladas de entonces, pues no había temor a cruzar el río incluso montado sobre una mula. Aquella foto sí que me habría gustado verla, y emitirla...



El río Duero, congelado, a su paso por Soria, en diciembre de 2016.
(Foto cedida por la familia Martín R.)

La Pequeña Edad de Hielo en España

La Pequeña Edad de Hielo se hizo sentir en España sobre todo en los siglos **xvi** y **xvii**. Durante aquellos años, y aunque entre medias hubo algunos veranos muy calurosos, lo normal era tener inviernos muy nevados en los que se helaban los ríos. Pero lo que más caracterizó este periodo fue quizá la extrema variabilidad tanto de las temperaturas como de las lluvias: eran frecuentes inundaciones y riadas, pero también severas sequías. Apenas veinticinco años del siglo merecen ser calificados de lluviosos, a juicio del meteorólogo Font Tullot, y en Cataluña tan solo tres. Sin embargo, eso no impedía que cuando lloviese lo hiciera de forma casi torrencial: de los cien años del siglo **xvi**, en setenta encontramos noticias referentes a desbordamientos de ríos en las efemérides históricas.

En aquellos siglos, cuando no tocaba un invierno muy frío teníamos un ardiente verano, y a veces ambos se daban en el mismo año. Lo habitual era que los inviernos se prolongaran, ya que hay habituales referencias en las crónicas sobre heladas tardías acaecidas en mayo, que arruinaban las cosechas, o nevadas copiosas ya entrada la primavera. El 1531 cayó una nevada notable en la meseta norte... el 7 de junio; en 1607 nevó en Burgos en mayo, y ese mismo mes pero veinte años después nieve durante dos días seguidos en Madrid. Antes de acabar el siglo, pudo verse aún nieve en Córdoba en dos días de marzo de 1694. Y contrastando con estas imágenes, no faltan en este periodo, aunque sean menos, las referencias históricas a los veranos sofocantes, como el de 1611, cuando los canónigos de la catedral de Tarragona tuvieron que pedir permiso por escrito para poder usar abanicos en el coro.

De los siglos XVI y XVII nos han llegado numerosas efemérides, y en ellas queda constancia de la enorme variabilidad del clima de entonces, bien sea por sequías que arruinan cosechas o por inundaciones que se llevan puentes y pueblos enteros. Pero sobre todo destacan aquellos fenómenos que hoy llaman la atención cuando se producen por lo poco habituales que son y que en aquellos años fueron el pan de cada día, o de cada invierno: las nevadas copiosas y las intensas heladas.

El mapa del tiempo del siglo XVI

Hoy son noticia las invasiones de aire frío continental a las que llamamos siberianas. Entonces también lo eran, pero tenemos constancia de que constituían un fenómeno mucho más común. El patrón del tiempo que tuvimos en España durante la mayoría de inviernos del 1500 y el 1600 fue muy similar al que sufrimos en toda Europa a principios de 2017. Si el lector es capaz de recordar este enero excepcionalmente duro, podrá hacerse una idea de cómo era vivir en los siglos XVI y XVII, cuando ese tipo de clima era lo habitual.

El régimen climático estaría definido por la presencia de un anticiclón extendido en cuña hacia el norte del Reino Unido (dorsal) que empujase las masas de aire más frío hacia el interior y el sur del continente. Lo que llamamos una invasión de aire polar continental, como la que tuvimos en España a mediados de enero de 2017. La consecuencia era, por un lado, el desplome de las temperaturas, con mínimas de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, y máximas que durante varios días no pasarían de los $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por otro, allá donde se encontrase con condiciones

que pudiesen aportar humedad, como las borrascas del Mediterráneo o los frentes atlánticos, se generaban importantes nevadas que afectaban a muchas zonas de España, incluido nuestro levante peninsular.

El 18 de enero de 2017 era noticia la nevada a nivel del mar sobre las playas de Torrevieja, Denia o Jávea en Alicante, o en Cartagena, en Murcia. En algunos casos no nevaba en esos lugares desde hacía 34 años, y en otros incluso había que retroceder casi cien. Pero si nos hubiéramos remontado hasta el siglo XVI habríamos encontrado decenas de referencias a nevadas similares.

Solo en Valencia capital hay constancia de nevadas otro 18 de enero, pero este de 1543, cuando nevó «un palmo», según las efemérides. Y hubo más nevadas en febrero de 1592, el 22 de diciembre de 1593, el 3 de febrero de 1600, el 31 de enero de 1624... Además de las heladas del Turia, la nevada que dejó otro palmo de espesor en Alicante el 29 de diciembre de 1572 o las inundaciones del Segura en Murcia. También las fuentes históricas nos vuelven a dar muestra de la extrema volatilidad del clima en aquellos tiempos: 1543 comienza con una nevada en enero en Valencia pero termina con los rosales floreciendo en diciembre en Barcelona, como también registraron los cronistas de la época.



El 18 de enero de 2017 la playa de La Marineta, en Denia, amaneció así: completamente nevada. Una imagen que hoy nos parece insólita pero que se produjo en varias ocasiones a lo largo del siglo XVI.

Con aquella variabilidad y aquellos fríos, el cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana y Murcia no pudo despegar durante esos siglos, congelando la tendencia al alza que habían iniciado en los precedentes. En el xvi prosperaban incluso más los limones de Pontevedra o de Novales, en Cantabria, que los del litoral mediterráneo. Habría que esperar a la recuperación climática del siglo xviii para que empezara a florecer esa despensa cítrica de Europa que tenemos en el levante y sureste peninsular. Otra influencia silenciosa del clima...

El Ebro helado

Lo que hoy en día nos resulta raro era lo normal en los inviernos de la España de hace quinientos años. De los cien que forman el siglo xvi, en 45 se registraron inviernos crudos que merecían figurar en las efemérides. Este escenario de invasiones de aire polar continental se combinaba con otros de anticiclón persistente, y por lo tanto eran comunes heladas de irradiación como las que ahora tenemos de vez en cuando. Las altas presiones, cuando son muy elevadas, bloquean cualquier llegada de frentes e impiden que se generen nubes. Con noches de cielos despejados, el poco calor que se haya acumulado durante el día se irradia a la atmósfera, deparando en la superficie temperaturas bajo cero que producen la helada. Si además hay nieblas, como suele ser habitual en áreas cercanas a los ríos en esos días de anticiclón, pueden unirse ambos fenómenos, y la humedad de la niebla se congela sobre campos, postes o árboles deparando esas imágenes tan llamativas del fenómeno que conocemos como cencellada, creando un efecto similar al de una nevada. Es lo que ocurrió el último día de 2016 en la ciudad de Zamora y el primero de 2017 en Valladolid, por poner dos ejemplos recientes.

Bien fuera por las heladas de irradiación o por las invasiones de aire polar continental, las noticias de fenómenos severos relacionados con el frío se prodigan en aquellos años. El cronista de Tortosa que en 1506 vio cruzar el Ebro al hombre sobre una mula del que hablábamos al comienzo del capítulo dejó constancia de la escena, pero no fue ni mucho menos la única de este tipo. Tres años antes ya se había helado el Ebro en el mismo lugar, y aún habría de congelarse en 1572, el 20 de diciembre, en una helada que duraría hasta el final del mes; también pasaría lo mismo al año siguiente, y después en 1590, en 1624 por dos veces e incluso en 1694. Esta última vez fue quizá la peor de todas: el Ebro permaneció congelado durante tres días y el espesor de la capa solidificada

parece ser que alcanzó los tres metros. Durante los quince días siguientes, numerosos testigos se encontraron témpanos de hielo flotando aguas abajo.



Valladolid, 1 de enero de 2017. Las ramas del árbol parecen haber florecido, pero no son flores, sino cristales de hielo: es la cencellada.

Otros ríos tampoco se libraron del hielo en invierno. Aquel enero de 1506 también se heló el Tormes, por ejemplo, y el día de los Inocentes de 1623 el río Muga se congela en Girona con un espesor tan grande que nadie podía romper el hielo para coger agua. Tampoco el río Tajo, a su paso por Toledo, se libra del hielo: las crónicas datan heladas en 1529, 1530, 1536, 1603, 1679... Sobre una de ellas, la de 1536, dice una noticia recogida en una obra de Manuel Rico Sinobas, con cuyo apellido la AEMET ha bautizado al actual Sistema de Notificación de Observaciones Meteorológicas Singulares (SINOBAS): «Vimos que a principios de enero se heló el Tajo con tanto rigor, que demás de los otros días señaladamente de cabo a cabo, le pasaron a nueve de enero más de cincuenta personas a la par y corrieron y jugaron en él a los birlos y al herrón, e hicieron lumbre y asaron carne con ella en mitad del río». Aquella sí habría sido una imagen para abrir todos los informativos.

Los santos no descansan

En los siglos XVI y XVII destacaban las invasiones de aire frío y también algunas olas de calor en verano, porque dominaba el flujo meridional de los vientos— esto es, el conjunto de vientos que soplan de norte a sur o de sur a norte— sobre el zonal —los que siguen el eje este-oeste u oeste-este—. Además, cuando venían desde el sur traían con ellos una carga terrible que recogían en el norte de África: son numerosas en esta época las crónicas de las plagas de langosta que asolaban los cultivos, sobre todo en Andalucía y las regiones del Mediterráneo, pero también en Extremadura o lo que hoy es Castilla-La Mancha.

Tampoco faltaron las lluvias torrenciales. En Valencia y Utiel llamaron al 1517 el año del aguaducho por las numerosas riadas provocadas por lluvias repentinas. Y eso en una zona de España donde ya estaban acostumbrados a precipitaciones bruscas. Diez años después es el río Arlanzón el que se desborda en Burgos, tras un deshielo súbito provocado esta vez por un enero cálido, en una muestra más de la enorme variabilidad de aquellos años. Crecidas impetuosas en la cuenca del Duero por el aporte súbito de la nieve deshelada convierten entonces todo el valle del Arlanzón en una gran laguna. Más tarde, 1617 es el año del diluvio en Aragón y Cataluña, con treinta y dos días seguidos de precipitaciones en otoño: incluso Murcia no se libraría de las inundaciones, sobre todo en el siglo XVII, cuando la ciudad sufre casi treinta años de riadas (en 1615, 1632, 1635, 1651, 1653, 1669, etc.), todas en octubre.

Tanta agua en verano venía mal para casi todos los cultivos. En Galicia, por ejemplo, 33 de los cien del siglo XVII fueron muy lluviosos, y las plegarias en las iglesias eran *pro serenitate*: para que dejase de llover. Se resiente la viticultura, el viñedo empieza a darse peor y gana terreno el cultivo del maíz, que acababa de llegar recién importado de América y empieza en estas fechas a modificar el paisaje gallego. También se extienden los bosques de pinos, que aprecian más el agua abundante y son menos sensibles a las fluctuaciones bruscas de temperatura. Así, por la cornisa cantábrica se extienden los pinares en detrimento de hayedos y robledales, diezmados estos últimos por la tala masiva para construir barcos: eran los años en que la Marina española estaba en su esplendor y sus demandas eran mayores. Entre las guerras y el frío, el paisaje arbóreo de España empezó a cambiar. Hoy es noticia el hayedo de Montejo, en la sierra norte de Madrid, por ser el más meridional de Europa. Antes del siglo XVII sería fácil encontrar hayas y robles mucho más al sur, y sobre todo eternos bosques de encinas, muchos más que ahora, incluso en La Mancha.

El extremismo climático de España, donde o te secas o te inundas, llegó a su cenit en este siglo. De los cien años que tuvo, en setenta hay noticias de sequías, y en 75 en el caso del área mediterránea. Aquí las rogativas y plegarias, esa fuente primaria de información del clima de esos días, eran *pro pluvia*: para que lloviera. El trajín de los santos, bien para que lloviera o dejase de llover, fue también muy frecuente en estos siglos de la Pequeña Edad de Hielo a lo largo y ancho de España.

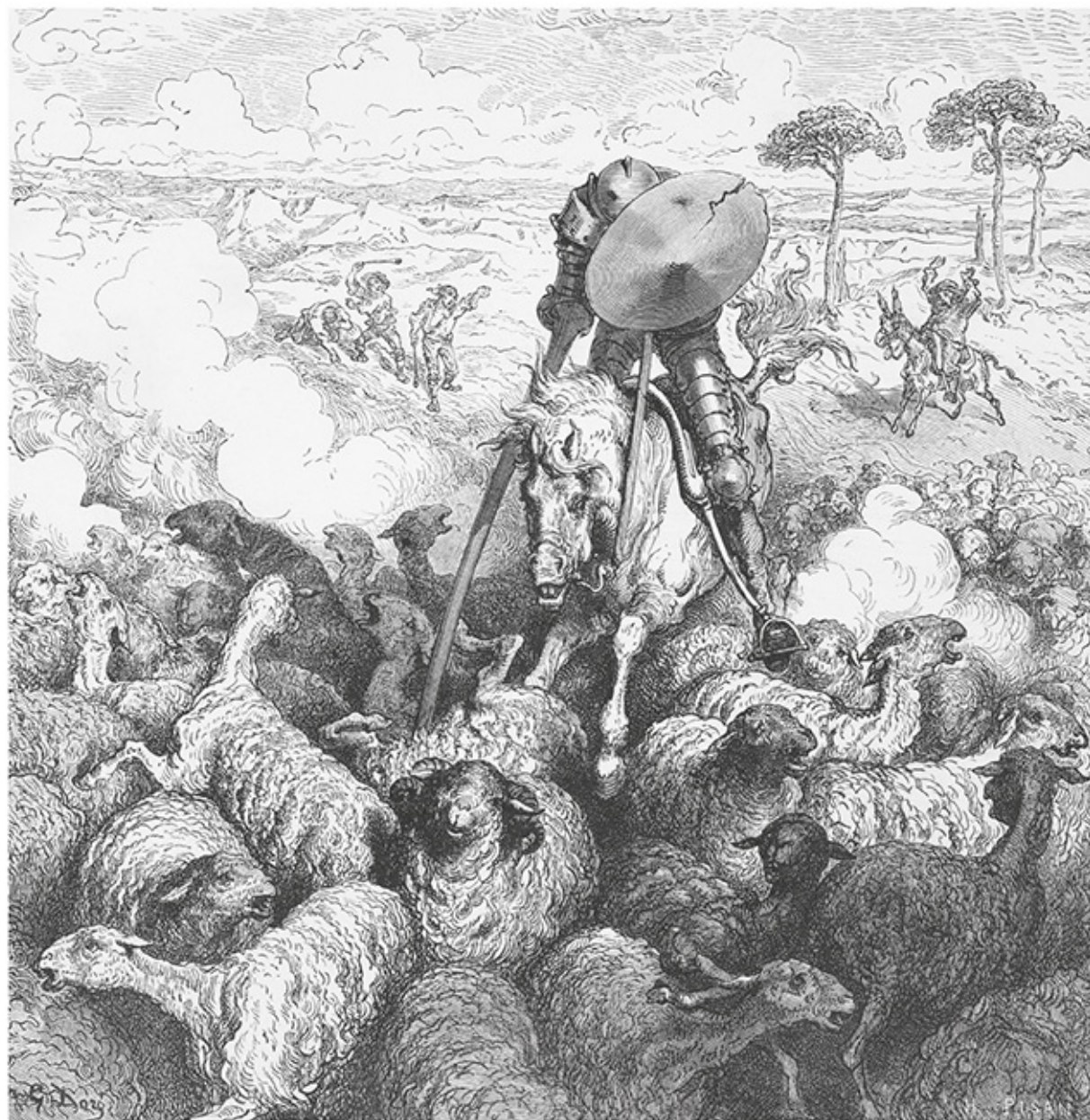
La influencia en La Mancha

También fue entonces cuando se formó el paisaje de la Meseta que conocemos en la actualidad: el amarillo de los cereales acabó imponiéndose al verde de los pastos. Aún en la meseta norte, gracias a las lluvias y a pesar del frío, seguían disponibles tierras para el ganado, pero el cultivo del cereal también avanza. Y en la meseta sur, aunque no tan fría sí mucho más seca en estos siglos, van desapareciendo los pastos para dejar paso, entre otros, al viñedo. Esto en cuanto a los cultivos, porque lo que de verdad se extendió en aquellos siglos en la meseta sur fueron los terrenos yermos, los páramos y los eriales. Desaparecían los árboles y avanzaba el secarral. La Mancha iba a ser en estos años la que conocemos ahora, y la que empezó a conocer nuestro ingenioso hidalgo don Quijote. La inmortal obra de Cervantes no se entendería del todo sin ese paisaje seco y agostado, muy similar al actual y que ya empezó a fraguarse a finales del siglo XVI. «En el *Quijote* tan solo llueve una vez, que yo recuerde», escribió el también genial Jorge Luis Borges.

Las primeras viñas que hoy dominan este paisaje surgen en Valdepeñas en esta época, aprovechando el clima menos lluvioso y resistiendo el frío. También empiezan a aparecer los olivos, aunque menos porque menor es su tolerancia a las bajas temperaturas. Los cereales de ciclo corto, ya que más cortos eran también los veranos, empiezan a triunfar sobre el trigo, mientras aumenta el cultivo de la cebada y de la avena. Los pastores ya no son los reyes del camino. La Mesta pierde poder e influencia, y con el tiempo perderá cabezas de ganado y hasta movimiento, su razón de ser. En 1560 la cabaña ovina es casi la mitad que la del siglo XII, y algunos años después ya ni se realiza la trashumancia en verano. Con menos ovejas, menos lana; con menos movimiento, menos transacciones. La industria de la lana y en general los beneficios de Castilla se

resienten en esta época de decadencia de la Mesta, desencadenada por un clima frío, seco y cambiante.

Hemos visto cómo el clima ejerció su influencia silenciosa sobre el paisaje y la economía a lo largo de los siglos XVI y XVII en España, el lapso de tiempo más frío para nosotros dentro de esa Pequeña Edad de Hielo que vivió toda Europa. Fueron años de un exagerado extremismo climático, en palabras de Font Tullot, caracterizados por grandes variaciones tanto en el régimen de lluvias como en las temperaturas, aunque estas estuvieran siempre dominadas por ese frío que ahora se presenta de vez en cuando y que en aquellos años era lo habitual.



Así representó Gustave Doré la singular batalla que mantuvo don Quijote con dos rebaños de ovejas, a los que tomó por ejércitos. Casi una metáfora en unos tiempos en los que ya se percibía el declive de la otrora poderosa Mesta.

En seguida veremos cómo el clima mantuvo su ineludible influjo en el resto de Europa, tanto en pequeños como en grandes capítulos de nuestra historia, pero antes vamos a conocer unos testigos que permanecen presentes y nos recuerdan aquella época en la que lo habitual para los españoles era vivir con el frío. Son los pozos de nieve con los que todavía hoy podemos toparnos en alguna excursión por España, y que en aquellos siglos vivieron su tiempo de

mayor expansión. Ellos son una muestra aún en pie de lo que suponía vivir en la cotidianeidad del frío. Y también, de cómo sacarles provecho a los inviernos fríos que había tocado vivir...

15

EL COMERCIO DE LA NIEVE

Si algún día pasas por Bocairent, en la provincia de Valencia, podrás visitar el Museo de la Nieve. Está ubicado en el centro histórico de la ciudad en una cueva, o cava, llamada de Sant Blai, en la que hasta principios del siglo xx se guardaba la nieve para venderla después en Gandía, Ontinyent y otras localidades. Se trata de una especie de depósito de casi ocho metros de diámetro y once de profundidad, coronado por una cúpula y actualmente acondicionado para la visita turística. Se puede llegar a su interior por una galería muy estrecha, de tan solo un metro de anchura y 1,80 de altura: ese era el conducto para evacuar el agua que se iba fundiendo del hielo almacenado. Ya dentro de la cueva o depósito, encontrarás unos paneles fotográficos donde podrás conocer los entresijos de lo que constituyó todo un negocio a partir del siglo xvi y hasta que los frigoríficos empezaron a popularizarse en las casas españolas: el comercio del hielo.



Antiguo pozo de nieve del siglo XVII situado en Sierra Espuña, en la provincia de Murcia. Su cúpula ha sido totalmente restaurada.

El comercio de la nieve

Algo bueno tendría que tener la PEH en España, y algo bueno habría que sacar del hielo y la nieve que tanto abundaban en aquellos tiempos de los siglos XVI y XVII que hemos descrito en el capítulo anterior. Paralelamente a unas condiciones climáticas que propiciaban frecuentes inviernos con nevadas, comenzaron a difundirse por Europa y España las virtudes medicinales y gastronómicas del hielo: era un buen analgésico para las inflamaciones y en los procesos febriles... y estaba muy bueno en los granizados. Además de su ya conocida utilidad como excelente conservador de alimentos, mejor que la salazón, la salmuera o el escabeche, se van incorporando ahora nuevas funciones y utilidades: el apogeo de la PEH coincide con un importante aumento de las publicaciones científicas sobre el uso y los beneficios del hielo.

Pero, por encima de todo, el frío natural favoreció el desarrollo del comercio de la nieve, que se inició en España en el siglo XVI y tuvo su máximo entre los siglos XVII y XIX. Asociadas a él aparecieron una serie de profesiones nuevas —

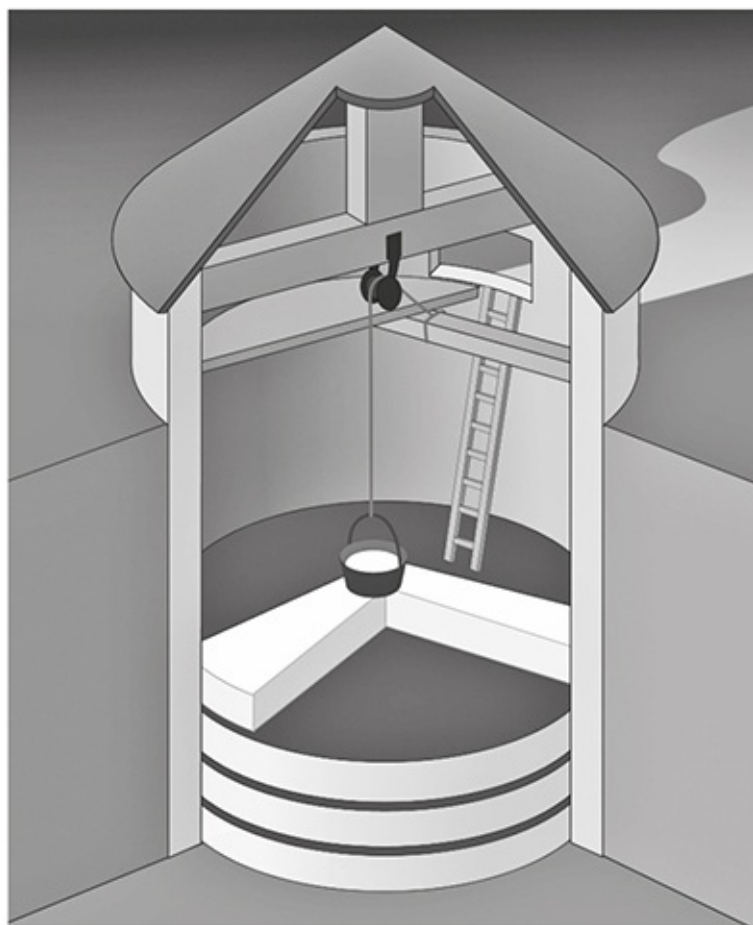
ahora desaparecidas—, como los nevateros: jornaleros encargados de recolectar y almacenar la nieve en los neveros. Pero también afectaría esta incipiente industria a otras profesiones, como los arrieros y comerciantes: la nieve había que recolectarla y transformarla en hielo, pero luego este hielo había que repartirlo y venderlo a los comercios. Toda una industria, en definitiva.

La primera parte del proceso, tras la nevada, era recoger la nieve y almacenarla en un depósito. Los había de distintos tipos y se denominaban con varios nombres: pozos de nieve, neveras, cavas, pozos de hielo o ventisqueros. Estaban ubicados en las sierras y montañas, que es donde es más fácil encontrarse hoy en día con algunos restos —los hay mejor y peor conservados— en mitad de una excursión campestre.

Solían ser construcciones circulares de piedra, más o menos anchas y más o menos profundas, coronadas algunas por una pequeña cúpula que podía estar hecha de piedra o ladrillo, con una puerta por donde metían la nieve y entraban los nevateros. Estos, provistos de una pala y rastrillos de madera, iban introduciéndola a la vez que la aplastaban para compactarla: así se eliminaba el aire y se conservaba mejor, a la par que ocupaba menos sitio. A veces usaban martillos de madera o pisones, o directamente lo hacían pisando sobre la nieve (con alpargatas limpias para no ensuciarla, eso sí), como si de uvas en la vendimia se tratara. Cada 25 o 30 centímetros de nieve compactada colocaban una capa de paja, carrizo, hojas o ramas que servía de aislante y facilitaba luego la extracción de los bloques de hielo, que solía tener lugar al final de la primavera o el principio del verano. La nieve había desaparecido de las montañas, pero la teníamos ahora disponible en los pozos, trasformada en hielo y lista para ser vendida.

Pero antes había que transportarla, y se hacía siguiendo otra costumbre peculiar que era frecuente ver durante estos siglos de la PEH. Incluso hasta hace unas decenas de años, pasada ya la mitad del siglo xx, podía seguir viéndose aún en algunas zonas de España, por mucho que ahora ya se haya perdido. Viajando de noche para evitar que el sol los derritiera, carros, carretas y burros con serón bajaban de las montañas cargados de bloques de hielo para vender en las ciudades. El trabajo era duro, y a menudo tenían que parar en el camino y hacer hogueras para quitarse el frío que les habría entrado en el cuerpo con el trasiego del hielo. A la luz de la lumbre, la imagen de los burros con sus capazos de esparto donde iban atados los bloques de hielo en mitad de la noche debía resultar desconcertante. Eran transportistas de turno nocturno, abastecedores del

refresco que demandaban los españoles en los meses estivales hasta no hace tanto tiempo.



Esquema que muestra el interior de un pozo de nieve. La nieve se introducía por la puerta del nevero y se almacenaba en el pozo compactada en capas, que se separaban entre sí mediante esterillas de esparto, paja, ramas, etc., a modo de aislante. (© Ignacio Icke – Wikipedia)

Neveros en Almería

Aunque fuera por diferentes motivos, a todos les gustaba disponer de hielo, y en todas partes de España había neveros y florecía el comercio de la nieve. Pero sobre todo triunfó en las regiones del Mediterráneo, que es por ello donde quedan quizá más vestigios de esta industria, y no solo arquitectónicos. A Palma de Mallorca llegaba la nieve desde las *cases de neu* de la Sierra de Tramontana, donde se concentran cinco de los cuarenta pozos que hay en toda la isla de Mallorca. Uno de ellos, el de Galileu, data del siglo XVII, en plena Pequeña Edad

de Hielo, que afectó también a las Baleares: del 3 al 7 de enero de 1697 hubo una gran nevada general que obligó a descargar la nieve de los tejados de la ciudad de Palma, y se vieron flotar en el mar enormes témpanos de hielo. Aún hoy una popular heladería y repostería de la ciudad, *Ca'n Joan De S'Aigo*, conserva el recuerdo de su fundador, el señor Joan, que se dedicaba a la venta del hielo que hacía en la montaña, y que pasó después con ese mismo hielo a fabricar y vender helados de almendra, con los que triunfó. Más tarde vendrían otros dulces, y hoy quienes quieren disfrutar de ellos se ven obligados a esperar junto a los muchos turistas y lugareños que hacen cola bajo un sol inclemente para degustar las delicias de quien en su día comenzó como nevatero, cuando el tiempo era otro y las nevadas más frecuentes.

A Valencia, que debía demandar mucho hielo en verano, le abastecían los neveros de su provincia pero también los de Sacanyet, en Castellón, como el llamado ventisquero de los Frailes. La mayoría de municipios alicantinos tenían sus ventisqueros proveedores repartidos por las sierras cercanas de la comarca, como el de la Sierra de Mariola en Alcoy, los de Jijona y Aitana, o los del Maigmó. Hasta Almería capital llegaba el hielo que se almacenaba y conservaba en la Sierra de los Filabres, en las Menas de Serón. Más allá de la costa mediterránea, al menos veintidós neveras en Vizcaya y otras tantas en Guipúzcoa abastecían los municipios vascos. Y también había numerosos almacenes de nieve en Murcia, La Rioja, Jaén, Albacete, etc.

Granizado de limón

Madrid también demandaba hielo en los veranos para sus quehaceres y sus cafés. Aparte de sus funciones medicinales y como conservante de alimentos antes de que llegaran los frigoríficos, se popularizó su uso como ingrediente en las bebidas que se repartían por los quioscos instalados en las calles madrileñas y por las verbenas populares, además de las tertulias de los cafés. Gente de todas las clases encontraba una finalidad para ese hielo que unos meses antes era nieve en las cumbres de la Sierra de Guadarrama. Tras bajar de los neveros de la sierra y antes de repartirse por los comercios, se almacenaba cerca de la actual glorieta de Bilbao, conocida entonces como Puerta de los Pozos de la Nieve, de donde salía el viejo camino de Fuencarral. También podían pasar por la Casa de Campo, en un paraje que todavía hoy se conoce por el nombre de Fuente de Neveros. O incluso acumularse en los pozos del Buen Retiro, desde donde

partían los bloques de hielo destinados a la Casa Real. Los sorbetes, el limón granizado, la horchata o el agua de cebada que refrescaban las tardes estivales de los madrileños fueron posibles gracias a esta industria de la nieve, que comenzó y se expandió cuando en España era fácil ver nevar.

Un oficio extinguido

Los pozos de nieve son un excelente ejemplo de cómo se hicieron de frecuentes los inviernos de fuertes nevadas en prácticamente toda España, incluidas las islas Baleares y el resto de la región mediterránea. Son además ejemplo del ingenio del ser humano para aprovechar la situación climática que le toca vivir en su beneficio y crear en base a ella una industria nueva, un negocio floreciente en aquellos años, aunque ahora ya desaparecido. Y también de cómo el clima, a lo largo de los años y silenciosamente, influyó en las costumbres, los negocios y la vida de un largo periodo de nuestra historia reciente, aunque sea en algo tan pequeño como tomar un granizado en un café del Madrid del siglo XIX o encontrarte en alguna excursión por la montaña esas construcciones de piedra donde antaño se guardaba la nieve.

Estas fábricas de hielo naturales dejaron de tener sentido cuando llegó el hielo industrial, a principios del siglo XX, y cuando se popularizó el hielo artificial y doméstico en las neveras que invadieron los hogares españoles a partir de los años 50 y 60 del pasado siglo. Pero también dejaron de ser rentables cuando llegó un nuevo tiempo en el que empezaría a ser más difícil obtener una materia prima que durante el siglo XVI, XVII y XVIII la naturaleza ofrecía generosa y gratuitamente. El clima se fue calentando, y el comercio de la nieve comenzó a menguar.

16

TORMENTAS INVENCIBLES

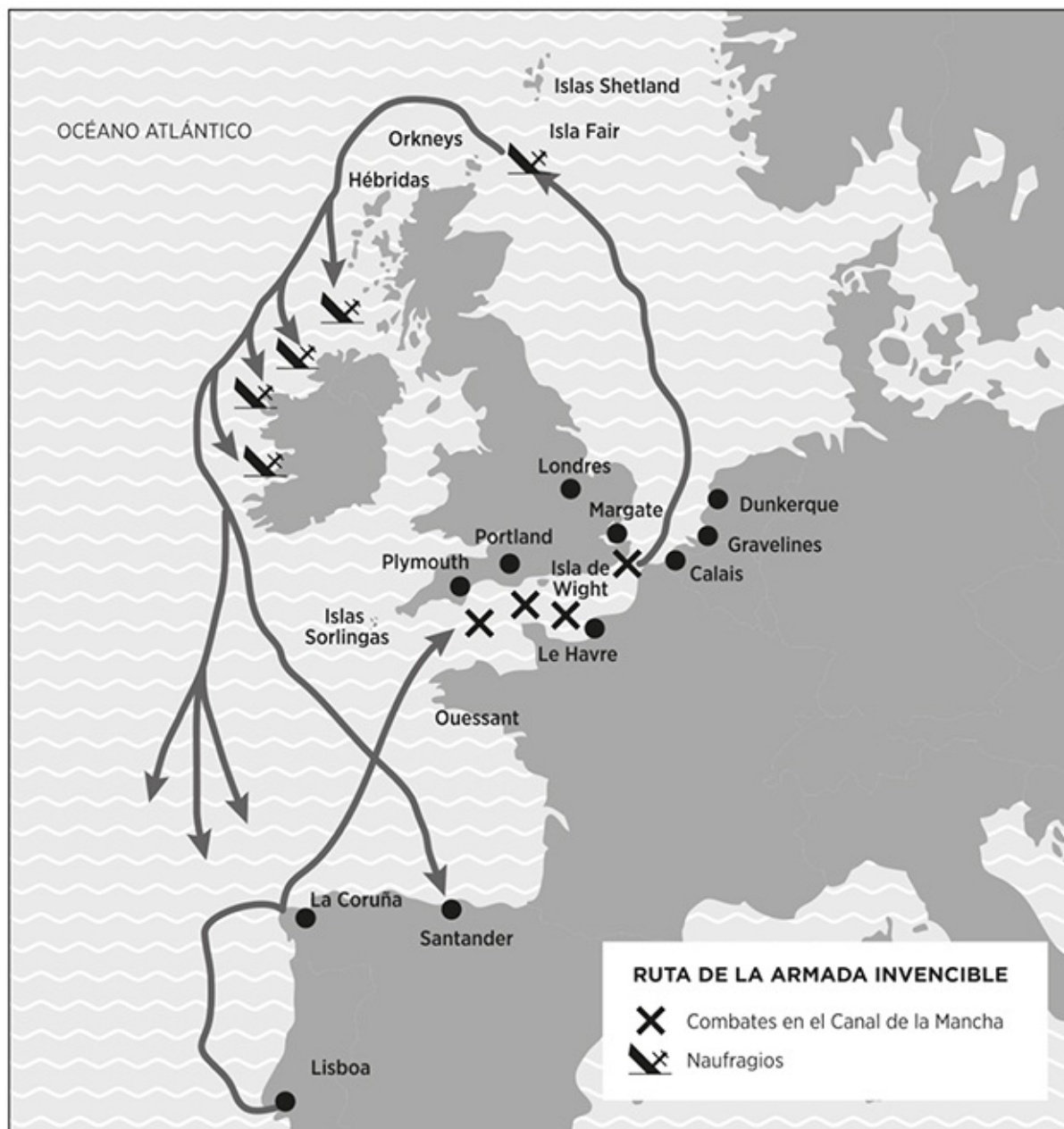
Durante el invierno del 2014 al 2015, la costa noroeste de Irlanda sufrió el embate de numerosas tormentas y temporales marítimos que, entre otras consecuencias, removieron los arenales frente a las playas del litoral. En una de ellas, la playa de Streedagh, en el condado de Sligo, quedaron al descubierto nueve cañones de bronce, una caldera para calafatear, dos anclas y lo que parecían vestigios del armazón de un barco. El Ministerio de Arte irlandés confirmó poco después que se trataba de los restos del buque *La Juliana*, uno de los muchos que formaban la Armada Invencible, que se había hundido en esas aguas hace 400 años en medio de un formidable temporal. Los mismos elementos que se llevaron por delante a un tercio de la indestructible flota española colaboraban ahora para poder seguir descifrando, a través de los pecios hallados, más detalles de aquel intricado capítulo de la historia en el que el clima también tuvo su influencia.

Felipe tiene un plan

Quizá Felipe II no mandara a sus barcos a luchar contra los elementos, pero se dieron de bruces con ellos en el camino de vuelta. Y que estuvieran precisamente ahí quizá no fuera fruto de la casualidad. Las condiciones climáticas que imperaban en el siglo XVI hacían más probables las tormentas y los temporales en el Atlántico norte, por lo que no fue solo una cuestión meteorológica —el tiempo que hacía en esos días determinados— lo que hizo que se toparan con ellos, sino que el encuentro también estaba determinado por un marco climático en el que las fuertes tempestades eran frecuentes.

«La Grande y Felicísima Armada», nombre que le puso la Corona española — lo de invencible parece que se lo pusieron los ingleses después de vencernos, para hacer más grande la victoria—, partió de Lisboa con 130 barcos, de los cuales 125 llegaron al Canal de la Mancha. La idea de Felipe II era simple y a la vez muy ambiciosa: invadir Inglaterra, derrocar a Isabel I y restablecer una monarquía católica. Harto de los ataques piratas promovidos por los ingleses y con la ejecución de María Estuardo como gota que colmaba el vaso, el rey español arma una flota como nunca antes se había conocido y diseña un plan. Pero este plan no salió nunca como en un principio se había esperado, y de ahí vino el principal tropiezo de esta empresa que luego acabarían rematando los famosos elementos.

La estrategia consistía en viajar hasta Flandes con 8000 marineros y 19.000 soldados, y allí recoger otros 27.000 veteranos de los tercios que engrosarían un ejército lo suficientemente grande como para desembarcar en las costas inglesas y marchar victorioso hasta Londres. Cuando la flota española entra en el Canal de la Mancha en realidad no iba rumbo a Inglaterra, sino a la costa flamenca, para hacer su escala de avituallamiento militar según lo planeado. Pero los ingleses se cruzan en su camino y empiezan los cañonazos. La armada española recalca en el paso de Calais y de ahí, nuevamente hostigados, navegan hacia el mar del Norte, donde una virulenta tormenta les aleja hacia latitudes aún más septentrionales.



Travesía seguida por la Armada Invencible en 1588.

Sin tener noticias del duque de Parma, que a la sazón dirigía las tropas de Flandes, el duque de Medina Sidonia, al mando de las escuadras españolas, decide cambiar de planes y emprende el viaje de regreso. Pero, en lugar de volver sobre sus pasos, la Armada Invencible regresa dando un rodeo: bordea las islas británicas por el norte de Escocia y se dirige al sur navegando por la costa occidental de Irlanda. Ahí es donde se produce el último encuentro fatal con los elementos: violentos temporales azotan los galeones, galeras, fragatas y demás

barcos que iban viajando hacia el sur. Algunos se hunden directamente y otros son empujados contra los arrecifes, naufragando muchos de ellos. De los 130 que partieron regresan 87, que además han sufrido diversos daños. En las aguas de Irlanda se han quedado más de 10.000 vidas. Causaron más bajas las tormentas que los cañones de los ingleses.

Tormentas constantes

Gran parte de la explicación de las frecuentes tormentas que tocó aguantar durante la PEH está relacionada con la mayor extensión de los hielos y la diferencia de temperaturas del aire según la latitud, que a la postre es lo que genera los vientos. La diferencia acusada de temperaturas produce a su vez zonas de diferente presión, y el aire se mueve de unas a otras dando lugar a fuertes vientos. Es lo que se conoce como gradiente barométrico. Por lo tanto, si la diferencia térmica es más acentuada, aumentará el gradiente de presión, el aire se desplazará más rápidamente para compensar la diferencia y los vientos serán mayores.

En la década de 1580 —como ocurriría también un siglo después, entre 1680 y 1730— un destacado gradiente de presión propiciaría una mayor actividad ciclónica en el Atlántico. Según los estudios meteorológicos de aquel episodio, en las sesenta jornadas que duró la que fue llamada «Empresa de Inglaterra» hasta cuatro profundas borrascas pudieron azotar la escuadra enviada por Felipe II para conquistar Inglaterra. Según el historiador H. H. Lamb, que ha recreado el tiempo de aquellos días, los centros de bajas presiones pudieron formarse y desplazarse muy rápidamente, dificultando las tareas preventivas y agravando sus consecuencias. La definición de estas borrascas, aunque él no llegue a nombrarlas así, nos recuerda a las que encontramos ahora cuando nos referimos a las ciclogénesis explosivas, esas borrascas especiales que nacen súbitamente y tienen un desarrollo igualmente veloz o explosivo. De ahí el nombre: suelen recorrer en pocas horas el mismo trayecto que una borrasca normal hace en varios días, y de ahí también la fuerza de los vientos generados a su paso.

Pero no hace falta que sea explosiva para que una borrasca produzca un fuerte temporal. Fueran o no ciclogénesis explosivas, las tormentas que empujaron a los barcos hacia el mar del Norte y, sobre todo, las que con vientos huracanados del oeste los empotraron contra los arrecifes de Irlanda eran uno más de los muchos temporales que sufría Europa en aquella época. Aunque ha sido

denominado Pequeña Edad de Hielo, este periodo podría llamarse también el Gran Momento de los Temporales. Estamos en lo peor de la PHE, y aún quedan por delante numerosos días de tormentas fuertes y muchos más de frío intenso.

Más tormentas

Dos años después del desastre en el que nuestra invencible armada fue derrotada por los elementos, otras lluvias torrenciales acompañadas de tormentas y marejadas azotaron las costas del mar del Norte. La inundación de Todos los Santos, en 1570, causó la muerte de 100.000 personas en los Países Bajos. Además de contar con la fuerza de los vientos, coincidió con el punto álgido de la pleamar en un momento de mareas vivas. Cuando hay luna llena, la atracción que ejerce nuestro satélite natural sobre las masas de agua se traduce en una mayor amplitud en la subida y bajada del nivel del mar, movimientos habituales que se repiten cada doce horas. Las mareas vivas se dan en las fases de luna llena y luna nueva, y su intensidad se potencia cuando ocurren cerca del equinoccio, ya sea el de primavera o el de otoño. Con ellas, el agua se retira cientos de metros durante la bajamar, dejando libres grandes extensiones de playa y llegando a aflorar incluso zonas que suelen estar sumergidas. En la pleamar, sin embargo, el agua sube mucho más allá de la línea de costa habitual. Si se trata de una pleamar de mareas vivas y además toda esa masa de agua es empujada por el oleaje y el viento de un temporal, el mar puede llegar a ocupar zonas donde nunca había estado, con los consecuentes destrozos en paseos marítimos y casas de primera línea de playa, o incluso llegar más allá. Esto es lo que ocurrió entre el 11 y el 22 de noviembre de 1570, cuando las grandes olas derribaron diques y defensas costeras y grandes partes de Rotterdam y Ámsterdam quedaron inundadas.

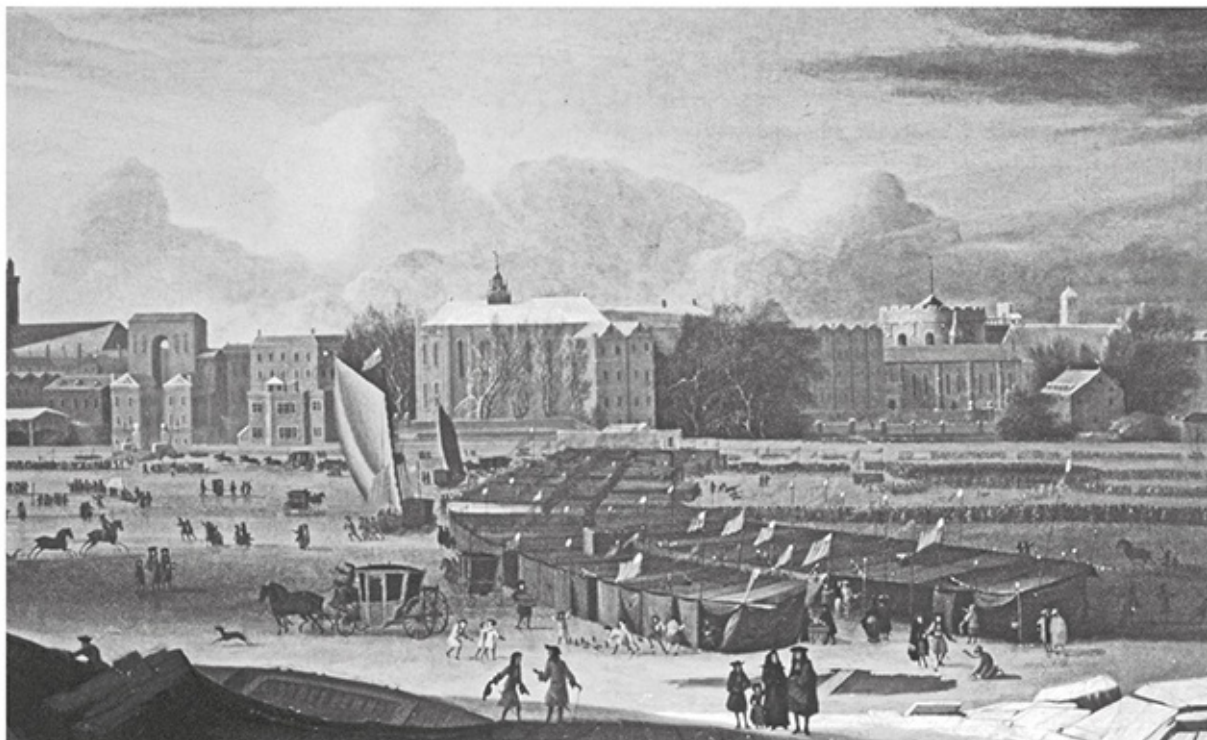
Se calcula que en la segunda mitad del siglo XVI el número de tormentas se había incrementado en un 85 %. A finales del XVII y comienzos del XVIII la situación era similar. En 1703 Daniel Defoe, el autor de *Robinson Crusoe*, fue testigo de otra tempestad singular, que pudo tener su origen en un huracán formado semanas antes en aguas de Florida que llegara como una depresión extratropical hasta el oeste de Inglaterra (como se recordará, la formación de estas borrascas la explicamos con detalle en el capítulo 13, cuando hablamos de los viajes de Colón). El vendaval atravesó Londres y recorrió el sur de Inglaterra

con vientos huracanados, y de su paso queda el relato que, inspirándose en él, el célebre escritor tituló *La tormenta*.

Más frío

Además del pronunciado gradiente de presión que influiría en la mayor intensidad y frecuencia de los vientos del oeste, tampoco sería rara la presencia de anticiclones de bloqueo en la sucesión de inviernos fríos de la PEH. De hecho, la situación atmosférica predominante a finales del siglo XVI, según H. H. Lamb, podría ser similar a la que tuvimos a principios de 2017 en Europa: un anticiclón extendido en cuña hacia el norte desde las Azores, basculando masas de aire frío hacia el sur a un lado y otro de las altas presiones. Así se explica que en Europa, por uno de esos lados, y en el este de Norteamérica, por el otro, se diera una situación extremadamente fría, mientras que Alaska, por ejemplo, disfrutaba en aquel tiempo de unas condiciones mucho más templadas.

Entre 1560 y 1599 la temperatura en Europa central era 1,3 °C inferior a la actual, y en Dinamarca, por ejemplo, llegaba a estar 1,5 °C por debajo. Aunque los anillos de los árboles denotan una gran variabilidad térmica, con diferencias muy pronunciadas de año en año o en grupos de cinco, lo habitual eran los inviernos fríos. Groenlandia e Islandia quedaron incomunicadas por mar en 1580 por la presencia de grandes hielos que imposibilitaban la navegación. El Támesis, a su paso por Londres, se congeló en once ocasiones durante el siglo XVII, la última en 1684. Los londinenses organizaban ferias sobre la superficie helada del río (las famosas *Frost Fair*), donde patinaban sin grandes preocupaciones en los inviernos helados. Comenzó el siglo XVIII y el clima helado continuaba. En el invierno de 1708 se podía ir desde Dinamarca a Suecia caminando sobre el hielo que se había formado en el mar del Norte. En Inglaterra nevaba copiosamente, y en Francia las heladas acabaron con los naranjos de la Provenza. En 1716 el Támesis se volvió a congelar, y acudía más gente a patinar y a divertirse en la feria que se instalaba sobre el río helado que a los teatros de Picadilly. En el verano de 1725 Londres registró las temperaturas estivales más bajas de su historia. Ya en esa época se habían extendido los registros instrumentales de presión y temperatura, y podían seguirse los datos con mayor fiabilidad.



El 16 de diciembre de 1684 el río Támesis se congeló más allá del Puente de Londres. Los barcos que quedaron atrapados en el hielo comenzaron a vender cerveza y licores, y a ellos se sumaron puestos ambulantes con todo tipo de mercancías y atracciones. Aquello pronto se convirtió en el principal lugar de diversión para los londinenses, que la llamaron *Frost Fair*. La última tuvo lugar en febrero de 1814. En la imagen, la primera *Frost Fair* de 1684. Óleo sobre lienzo de Abraham Hondius (Museo de Londres).

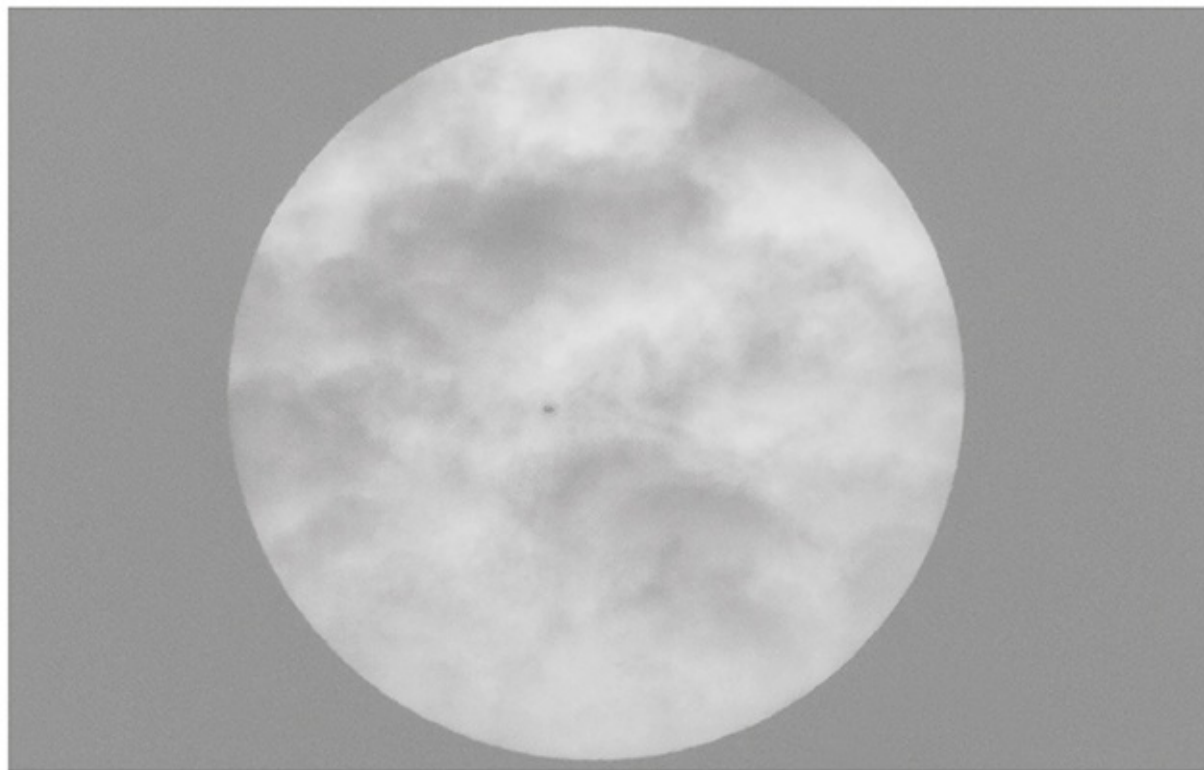
Sin manchas en el Sol

Cuando se ha tratado de buscar una explicación para este frío periodo de la historia europea siempre se ha tendido a señalar dos causas fundamentales. Una son las erupciones volcánicas, de las que hablaremos en el capítulo 20, y otra son las manchas que se forman en la superficie el Sol.

Las manchas solares son unas zonas oscuras que aparecen a menudo en el Sol y cuyas temperaturas son varios cientos de grados más bajas que el resto de su superficie. A pesar de ser más frías, alrededor de ellas se genera un mayor brillo, y por eso cuando más manchas solares o zonas oscuras hay sobre la superficie del Sol mayor es la energía que emite nuestra estrella y mayor la radiación solar que recibimos.

A veces son como una pequeña peca en el Sol y duran pocos días, pero otras veces son grandes puntos negros del tamaño de varias tierras que se aprecian

fácilmente con telescopios o incluso a veces tan solo con el *zoom* de una cámara de fotos.



En la fotografía pueden apreciarse un gran grupo de manchas solares en la parte superior del astro, lo que se correspondería con una gran actividad solar y mayor radiación.

Se ha comprobado que hay periodos en los que suelen aparecer más manchas y otros en los que menos. No son exactos, pero es frecuente que cada once años se dé una etapa de mayor actividad solar, es decir, con mayor número de manchas sobre su superficie. Pero también hay otros periodos en los que brillan por su ausencia. Y ahí el resultado es el contrario: con menos actividad sobre la fotosfera solar, menor es la radiación que nos llega. A lo largo de la historia se ha podido comprobar que los periodos en que hay menor número de manchas en el Sol —llamados mínimos— coinciden con épocas frías sobre la Tierra. Durante los años 1645 y 1745 las manchas solares desaparecieron de la superficie del Sol. Este periodo, conocido como mínimo de Maunder debido al astrónomo que lo descubrió, coincide con los momentos más fríos de la PEH.

Mínimo de Maunder

Los científicos calculan que la disminución de la insolación en aquellos años de mínima actividad solar fue considerable, y con ella la temperatura global de la Tierra podría haber bajado entre 0,2 °C y 0,6 °C, e incluso en algunas zonas entre uno y dos grados. Esta disminución no podría explicar por sí sola la extrema frialdad de los inviernos, pero sí sería capaz de poner en marcha la cadena climática que ya conocemos: menos energía en el sistema supone una circulación oceánica diferente, y quizá una mayor presencia de esos anticiclones de bloqueo de los que hemos hablado, con un mayor número de días de heladas.

Además del mínimo de Maunder, que coincide con el núcleo duro de la PEH, existen, como decíamos, otros periodos de escasa actividad solar que se corresponden con otras etapas frías del clima, como el mínimo de Wolf, a comienzos del siglo XIV —cuando marcamos el inicio de la PEH—, o el mínimo de Dalton, al inicio del XIX. Por el contrario, otros ciclos de mayor irradiación solar debidos a la numerosa presencia de manchas en su superficie se corresponden con periodos más cálidos, como el llamado máximo medieval, que coincide con los siglos del Periodo Cálido Medieval del que hablamos en capítulos anteriores.

El miedo al hambre

Entre 1680 y 1730 se vivió el ciclo más frío del núcleo duro de la PEH. Luego vino casi una década en la que los inviernos pudieron considerarse como normales, pero solo fue un espejismo: a partir de 1740 y en los años posteriores la temperatura media en Inglaterra fue 6,8 °C más baja que la del siglo XX. Aquella década empezó con un invierno gélido, al que siguieron una primavera y un verano secos y fríos. La consecuencia fue otra gran hambruna que se agravó al año siguiente, cuando las condiciones meteorológicas fueron otra vez muy parecidas. En años posteriores, a los inviernos gélidos les podían seguir veranos muy calurosos o primaveras con heladas tardías. Fenómenos adversos del clima, como sequías o fuertes tormentas, eran más frecuentes, y las cosechas se resentían. La población sufría hambre y escasez, como en los peores momentos de la Edad Media. Y aunque las nociones higiénicas habían progresado, no podían frenar el avance de enfermedades asociadas a la malnutrición como el tifus o la disentería. Hace 250 años en Europa la población aún se moría de frío por millares.

El miedo al hielo

Durante la PEH, y en diferentes periodos, fueron avanzando los glaciares en Europa. En España se expanden hasta su máximo los glaciares de los Pirineos, los Picos de Europa y Sierra Nevada, y no habrían de empezar a retroceder hasta mediados del siglo XIX.

También hacían lo mismo los de Suiza, donde veían los hielos alpinos deslizarse valle abajo. La alternancia de inviernos muy fríos con veranos cortos pero calurosos incidía también en el paisaje de los valles y la vida de sus gentes. Entre avalanchas, nevadas o inundaciones, el día a día se desarrollaba bajo la amenaza constante, aquí más directa, de un clima enfriado. Las rogativas y procesiones de los aldeanos buscando protección divina frente a la amenaza del glaciar fueron frecuentes durante los siglos XVII y XVIII. En Chamonix, en 1653, sacerdotes jesuitas rociaron el hielo con agua bendita con la esperanza de poder detener su avance.

Pero también de la época del hielo supieron los hombres sacar beneficio. Cuando los glaciares suizos estuvieron en su momento de mayor avance y mayor era el terror de los lugareños fue también cuando surgió el turismo del hielo. Entre la gente más adinerada comenzó extenderse la moda de visitar los glaciares alpinos, y el primero en hacerlo fue un tal George Whindham, noble inglés que en 1741 llegó a Chamonix con la moderna intención de hacer excursiones y admirar la naturaleza gélida: el primer extranjero que inauguró el floreciente turismo helvético.



El glaciar Aletsch, situado en el sur de Suiza, es el glaciar más grande de los Alpes, con 23 km de longitud y más de 120 km².

(Fotografía cedida por Alicia Gutiérrez)

Ventajas del frío

Convivir frecuentemente con condiciones más frías también agudiza el ingenio, la capacidad de adaptación o el mero afán del ser humano de sacar provecho incluso en las condiciones adversas. Durante la PEH esta era la coyuntura y, al igual que el glaciar al que tanto temían en el valle alpino se convirtió después en una considerable fuente de ingresos, otros países supieron también explotar las ventajas del frío.

La Rusia de los zares, por ejemplo, basó gran parte de su riqueza en vender a buen precio al resto de Europa las pieles que obtenía en Siberia. Entre los siglos XVI y XVIII conquistó las estepas siberianas y, en busca de animales, llegó después hasta Alaska. En esos siglos y hasta el XIX Rusia fue el mayor proveedor mundial de pieles. Disponían de grandes extensiones donde cazar, y en el resto

de Europa tenían el frío suficiente durante la PEH como para pagar a buen precio pieles capaces de abrigarles bien. Fue un imperio que surgió del frío. Este comercio de pieles sirvió a su vez para el desarrollo de Siberia, región de un clima tan inhóspito que, si no fuera por este interés y el gran beneficio que generaba para Rusia, habría seguido despoblada e incomunicada: gracias a los circuitos comerciales abiertos en estas fechas se empezó a construir en 1891 el Ferrocarril Transiberiano.

Otro país que viviría un antes y un después en su historia gracias a las transformaciones experimentadas durante la PEH fue Holanda. Los Países Bajos habían sufrido el embate de las tormentas y el aumento del nivel de los océanos ya en el inicio del periodo, cuando en 1362 los vendavales, coincidiendo con la pleamar y un nivel del agua más alto que el actual, provocaron que el mar inundara centenares de hectáreas causando la muerte de 25.000 personas. Esas zonas de Holanda, las Tierras Bajas, se llaman así porque están por debajo del nivel del mar. Desde hace 2000 años se lucha contra las anegaciones con la construcción de muros, diques y un sistema de drenajes que permita la vida cotidiana. Pero fue entre 1600 y 1650 cuando más terreno se ganó al mar del Norte en los Países Bajos. Con más tierras, mayor era el terreno cultivable, y gracias a eso pudieron capear mejor las frías condiciones que el clima variable e inestable deparaba entonces a Europa. Al contrario de la tendencia general, Holanda creció económicamente en aquellos años y se expandió por el mundo en aras de un floreciente desarrollo comercial y naviero. En años posteriores sumarían el desarrollo de los molinos de viento que usaban para el drenaje de las Tierras Bajas y una floreciente industria pesquera en torno al arenque. Con el agua enfriándose más que en épocas precedentes los bancos de arenques se desplazaron más al sur, y los barcos ingleses y holandeses se beneficiaron de esta migración climática aumentando considerablemente sus capturas y, con ellas, el poder de su economía.

No sería el único pez que en aquella época huiría de unas aguas cada vez más frías. También el bacalao cambió su presencia en los mares del norte durante la PEH, otorgando otra ventaja a un pueblo que nos pilla más cerca: entre los siglos XVI y XVII la industria pesquera del País Vasco vivió una edad de oro gracias a la captura del bacalao. El hielo, presente en el Atlántico norte durante más tiempo y desplazado más al sur que antes, obligó a los bancos de bacalao a buscar nuevas rutas. Esos caminos los descubrieron los vascos, y supieron sacarles un buen partido.

EL SECRETO DE LOS VASCOS

Los vientos secos y fríos y los días soleados del inicio de la primavera son ideales para desecar el bacalao. En Reine, en las noruegas islas Lofoten, se extienden decenas de empalizadas triangulares sobre la colina que corona la bahía. Como si fuera la estructura de madera para una gran tienda de campaña, delgados troncos se van cruzando en horizontal y vertical dejando un plano inclinado donde se colgarán los pescados. Así, los bacalaos situados en las capas superiores no dejan caer el agua que van soltando sobre los que están más abajo. Son las conocidas como «casas de secado». Durante la campaña de pesca, de febrero a abril, estas empalizadas gigantes se llenan de peces abiertos por la mitad y expuestos al sol y el viento frío de unas islas situadas por encima del Círculo Polar Ártico. Visualmente resulta un espectáculo tan llamativo que lo llaman «la catedral del bacalao».

Hace diez siglos los noruegos ya sabían desecar este pescado. En Lofoten, en el resto de Noruega y en las colonias de Islandia y Groenlandia, las tajadas de bacalao, seco y duro como la madera, mantuvieron alimentados a Erik el Rojo y a su gente durante los tres años de exilio en Groenlandia y también en su vuelta a Islandia, cuando acudieron a reclutar colonos para la «tierra verde». Pero varios siglos después no serían ya los noruegos sino los ingleses y los vascos quienes aprovecharían las condiciones más frías de la PEH para desarrollar su industria pesquera en torno al bacalao. Cuando, a partir del siglo xv, la capa de hielo antártico empezó a extenderse más al sur a la par que bajaba la temperatura del agua, los bancos de bacalao comenzaron a escasear en los lugares donde tradicionalmente se habían capturado. Como resultaba improbable que hubiesen desaparecido, los peces estarían en otras aguas, y había que ir a por ellos. Y allí estaban los pescadores vascos para ir a buscarlos, con sus barcos bien preparados

y una gran determinación. Además, disponían de un preciado bien que les haría incluso más fácil conservar el alimento: la sal. Mientras que los noruegos del siglo **xi** solo secaban el bacalao, los vascos del **xv** también podían conservarlo en salazón, un método con el que aumentaba considerablemente su duración.



Secado del bacalao en Reine, en las islas Lofoten.
(Fotografía cedida por Alba Dueñas)

Con la Iglesia empezó todo

Ya los romanos conocían y apreciaban el bacalao, o *Gadus morhua*, pero es a partir de la Edad Media cuando su consumo se extiende por toda Europa debido a la oportuna intervención de la Iglesia católica. A partir del siglo **viii** el dogma cristiano prohibió comer carne los viernes y los días de cuaresma; el pescado, en cambio, estaba permitido. De entre todas las variedades disponibles, las que mayor difusión tuvieron fueron aquellas que no se podían estropear fácilmente: la carne de ballena, el bacalao y el arenque, que permitían su conservación en sal para así soportar grandes trayectos en una época en que las comunicaciones eran lentas y difíciles.

El *Gadus morhua* vive en las aguas del Atlántico norte, alrededor de Islandia, por el sur de Groenlandia y en la costa este de Norteamérica. Le gusta el frío,

pero no excesivo. Por eso la mejor temperatura del agua para su reproducción es el intervalo entre los 4 °C y los 7 °C, aunque aún puede estar a gusto por encima de esta horquilla hasta los 13 °C y por debajo hasta los 2 °C. En aguas más cálidas o más frías ya no pueden encontrarse bacalaos.

Así que, cuando empezaron a imponerse en el clima condiciones más duras y los movimientos de las masas de agua afectaron a la temperatura enfriando el mar en el Atlántico norte, los bancos de bacalao empezaron a menguar hasta desaparecer. En el siglo XVII, con la temperatura por debajo de los 2 °C al norte de Noruega y de Islandia, ya no era fácil pescar bacalao. En 1675, por ejemplo, desapareció de las aguas de las islas Feroe, asegura Brian Fagan. El historiador cree que los peces tuvieron que desplazarse hacia otras aguas, y lo mismo debieron de pensar entonces los valientes pescadores vascos que partieron tras ellos.

Tradición ballenera

Los vascos ya llevaban pescando bacalao desde por lo menos el siglo XII, e incluso antes de eso cazaban ballenas en las frías aguas del Cantábrico desde tiempos remotos. Y de este animal, como ahora del cerdo, se aprovechaba casi todo. Su aceite se destinaba a alimentar las lámparas de iluminación, ya que ardía sin desprender humo ni dar olor. Con los huesos se hacían muebles y la carne se comía, muchas veces acompañada de guisantes, o se salaba para venderla en Francia. Esta técnica de la salazón, que conocían bien los hombres y mujeres vascos, la aplicaron también con notable éxito al bacalao. En la península, al sur de Europa, tenían acceso a grandes depósitos de sal, y eso les proporcionó una ventaja frente a sus competidores noruegos: al ser capaces de salar el pescado antes de secarlo, este podía llegar a durar más. Así, con una técnica de conservación más efectiva, los vascos podrían ir más lejos a buscar los peces.

El clima ejercía una vez más su influencia silenciosa. Por un lado, a través del enfriamiento de las aguas del Atlántico norte, que redujo la presencia de bancos de pesca en Islandia o Escandinavia y la aumentó en otras zonas, modificando los patrones de la industria pesquera. Por otro, gracias al efecto beneficioso del sol, que al sur de Europa calienta más y permite la evaporación necesaria para obtener sal marina, además de la que se sacaba de las minas de sal, que ya conocían los romanos. La conjunción de esas dos influencias abrió una nueva

oportunidad para los vascos, que, una vez averiguado dónde encontrar la pesca, supieron bien guardar el secreto.

El secreto de los vascos

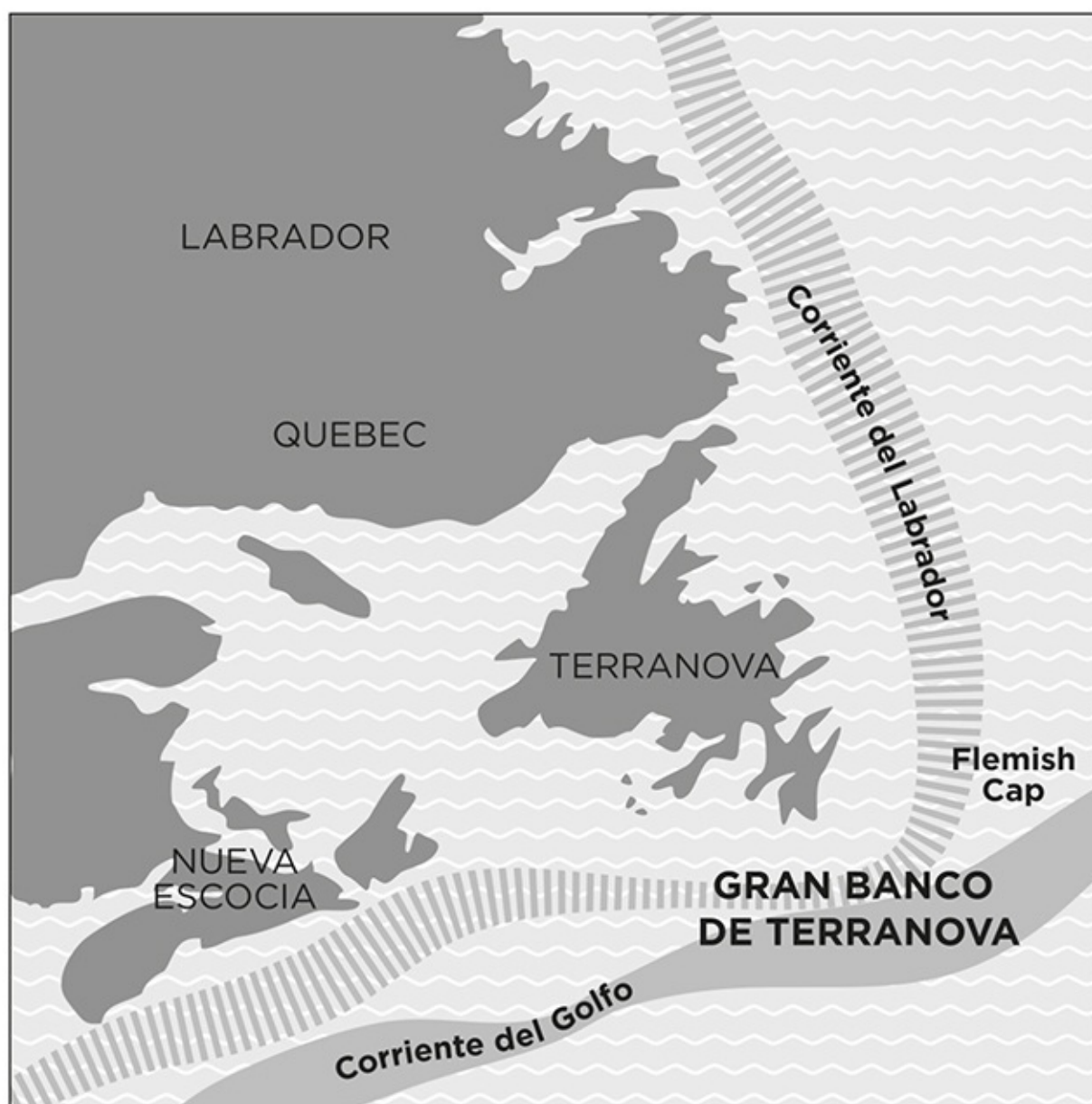
En el siglo XVI los barcos de los vascos ya eran famosos en toda Europa. En verano, dos mil de estos pescadores partían hacia la campaña del bacalao, y regresaban de nadie sabía dónde con las bodegas repletas. Ellos y sus familias tuvieron cuidado de mantener el secreto, como bien saben hacer los que viven del mar y quieren seguir haciéndolo durante muchos años. De padres a hijos se pasaba la información de aquel lugar donde tirar las redes y sacarlas rebosantes. Un lugar que no era ni Islandia ni el mar del Norte, ni siquiera Groenlandia. Pero, a pesar de su celoso secretismo, quizá acabase por trascender el secreto, o puede que lo averiguasen de otro modo pues, por esa época, también los ingleses lograron viajar más allá de aquellas aguas para volver con sus barcos llenos al puerto de Bristol.

Ingleses y vascos supieron sacar partido a las circunstancias que les ofrecía un clima más frío. Y, como todo está relacionado, también progresaron con ello sus respectivas industrias navales. Como los astilleros vascos, que tenían que fabricar más barcos para enviarlos a pescar o para sustituir aquellos que, también a buen ritmo, se tragaba el mar en las frecuentes tormentas de aquel tiempo.

Destino Terranova

Las aguas donde los vascos encontraban su tesoro estaban, efectivamente, más al oeste de Groenlandia: eran los mares de lo que hoy es la provincia canadiense de Terranova y Labrador. Al llegar el verano, a mitad del siglo XVI, una flota de más de treinta barcos partía desde el puerto de Pasaia, base de la flota bacaladera del País Vasco, en dirección a esas lejanas aguas. Tardaban unos sesenta días en llegar, y una vez en la zona pescaban a mansalva y procesaban allí mismo el producto. Tras dejar sidra a los pobladores, emprendían el camino de regreso cargados de salazón en un viaje que duraba entre treinta o cuarenta días, aprovechando los vientos del oeste en otoño. Y así continuaron haciéndolo durante doscientos años, hasta que las condiciones climáticas y las políticas cambiasen para reducir su actividad.

En el año 1713, uno de los artículos del tratado de Utrecht, firmado por Francia, Inglaterra y España, limitaba las capturas de nuestros pescadores en aguas de Terranova. A mediados del siglo xx volvió a resurgir la actividad pesquera en aquellas aguas, con nuevas y potentes empresas en el País Vasco, pero a partir de 1974 fueron declinando imparablemente. Hoy en día la industria bacaladera en España se limita a dos barcos en Pasaia y otros dos en Galicia. Y una calle en San Sebastián, que recuerda para siempre a los «Pescadores de Terranova».



Localización del Gran Banco de Terranova, la mayor zona de pesca del mundo, que fue durante mucho tiempo el secreto mejor guardado de los vascos.

El rastro del bacalao

De aquellas visitas estivales, prolongadas durante más de dos siglos, han quedado no obstante varias huellas curiosas. Una es lingüística y toma la forma de una de esas lenguas simples que se crean con un fin concreto —por ejemplo, comprar o vender bacalao— y que suelen ser una mezcla de palabras de dos idiomas de la que nace un tercero muy básico. Así, hay varios que mezclan términos del islandés y el euskera, que debían de ser utilizados por ambos pueblos en sus transacciones. Y también hay otro donde los términos que se mezclan son del euskera y del algonquino, que era el idioma de las tribus que habitaban Terranova y Labrador.

Por otro lado, en estas tierras, pertenecientes ahora a Canadá, se conservan numerosos topónimos que recuerdan los tiempos en que los vascos las frecuentaban, como Port au Choix, que viene de *Portutxoa* (puertecito), o, directamente, la ciudad Port aux Basques (‘puerto de los vascos’).

Cuando el navegante francés Jacques Cartier llegó a Terranova en 1534 reclamó estas tierras para la Corona francesa. Fue el primero en explorar el golfo y el río de San Lorenzo, pero 37 años antes un navegante italiano al servicio de Enrique VII, Giovanni Caboto, le había puesto ya a la región el nombre de Terranova, o *New Found Land*, reclamándola para Inglaterra. En realidad, ninguno de los dos había sido el primero. Cinco siglos antes, como ya sabemos nosotros, habían estado por allí los vikingos. Pero cuando llegaron estos exploradores también había otros europeos. El propio Cartier anotó en sus escritos: «en aquellas aguas remotas encontré a mil vascos pescando bacalao». Allí estaba el tesoro de toda una comunidad de pescadores. Ese era el secreto de los vascos.

ALEMANES EN SIERRA MORENA

En la pastelería Auffingher, que regenta el señor Auffingher, con su metro noventa, pelo rubio y ojos claros, venden unos deliciosos mantecados de huevo. También hacen pestiños, roscos de vino y magdalenas, pero no encontrarás *kuchen* de manzana, pastel de ruibarbo ni ningún otro de los dulces típicamente asociados a las resonancias del nombre y apariencia de su dueño. De sus remotos ascendientes germánicos, al señor Auffingher le queda el físico y el apellido, desde luego no las tradiciones ni el acento. Nos habla con un cerrado acento de Jaén, provincia en la que nos encontramos: aquí, asentamientos como La Carolina, Carboneros y Guarromán se repoblaron hace 250 años con unos 6000 alemanes, flamencos y suizos que dejaron sus países para colonizar las despobladas tierras de algunas zonas de Andalucía. La idea no fue suya, sino de Carlos III, pero ellos estaban disponibles y deseosos de salir de sus países tras soportar una larga guerra y encadenar años de malas cosechas provocadas por el terrible clima de la Pequeña Edad de Hielo. Es así como el chocante encuentro con este curioso ejemplo repostero nos habla de cómo la influencia silenciosa del clima también está detrás del origen centroeuropeo de muchos pueblos de Andalucía y de las particularidades de sus habitantes actuales.

Una idea ilustrada

A mediados del siglo XVIII triunfaban en España las ideas ilustradas que recorrían Europa, y Carlos III desde el trono y Campomanes desde el gobierno soñaban con una sociedad idílica, feliz, plena y moderna —si ese concepto hubiera existido entonces—. Una sociedad ilustrada, en definitiva, muy distinta a la del

Antiguo Régimen del que estábamos saliendo o intentaban sacarnos ellos: era el proyecto del despotismo ilustrado. La liberación de las ataduras de arcaísmos feudales y la voluntad de racionalizar la práctica del gobierno y la economía dieron como resultado una multitud de proyectos de reforma, mediante los que se pretendía llevar las luces del conocimiento a todos los rincones de la monarquía hispánica.

El mencionado Pedro Rodríguez de Campomanes y Pérez, primer conde de Campomanes, fue uno de los máximos representantes de este espíritu modernizador y de la diversidad de sus aspiraciones: pensó cómo debía ser la industria, y así lo dejó escrito en 1774 para que todos lo supieran (*Discurso sobre el fomento de la industria popular*), también tenía claro cómo debía ser la educación e igualmente quiso que todos lo supieran al año siguiente (*Discurso sobre la educación popular de los artesanos y su fomento*), pero antes de todo ello había teorizado cómo debía ser la agricultura, y lo plasmó en la *Instrucción para las nuevas poblaciones de Sierra Morena y fuero de sus pobladores*, donde hablaba de las reformas que deberían aplicarse a todo el agro nacional. Pero en esta ocasión las reflexiones no quedarían limitadas al papel, y la coyuntura histórica le brindó una oportunidad de oro para llevar a la práctica sus ideas y poner en pie un experimento a tamaño natural.

Bandoleros de Sierra Morena

También en aquellos años, en concreto en 1761, se ordenó la construcción de la carretera general Madrid-Cádiz, con un trazado que debía discurrir por Despeñaperros. El recorrido era casi idéntico al de hoy en día pero, lógicamente, sin los túneles por los que actualmente se puede salvar este obstáculo montañoso; entonces había que hacerlo por pasos y desfiladeros, muy propicios a emboscadas. Si a ello le unimos que esa zona de España estaba prácticamente desierta en aquellos años (la población se concentraba en otras zonas de Andalucía como Sevilla y Cádiz, puertos donde llegaban las riquezas de América), el resultado era la proliferación de bandidos y asaltantes de caminos que hacían muy arriesgado transitar por esos 50 kilómetros de escarpada ruta. El caso es que, en esas circunstancias, nadie usaría este Camino Real, y al que manda construirlo, Carlos III, no le gustaba mandar hacer cosas para nada.

Es entonces cuando Campomanes, junto a Pablo de Olavide, pensó que, aprovechando que el Pisuerga pasa por Valladolid o, en este caso, que el Camino

Real de Andalucía tenía que pasar por Sierra Morena, la mejor idea sería traer colonos de fuera de España para repoblar estos terrenos baldíos. Así, por un lado, con la presencia de núcleos habitados se dificultaría el bandolerismo (que, a pesar de estos esfuerzos, nunca llegó a desaparecer del todo, y gracias a eso pudimos disfrutar de muchachos de las aventuras de Curro Jiménez en una serie que se inspiraba en el mismo lugar, aunque en una época posterior). Y, por el otro, se podrían poner en práctica las ideas ilustradas levantando desde cero un nuevo tipo de asentamiento humano, con unas ordenanzas, una distribución de las casas y calles y hasta una composición de sus miembros cercanas al ideal de sociedad que perseguían.

Siguiendo fielmente este modelo, las reglas que organizaban la colonización llegaban a especificar hasta el último detalle el número y la ocupación de todos los cargos que habría en los nuevos asentamientos, así como sus funciones. Y de paso con todo ello, ya que nunca falta motivación económica, se sacaría rendimiento a unas tierras hasta entonces baldías, primero con la agricultura y luego con las industrias que asociadas a ella pudieran surgir. Que los colonos venían para trabajar, y no para estudiar ni dedicarse a otros menesteres, queda bien claro al leer lo dispuesto en la normativa que regía el proceso, que establecía que «no habrá estudios de Gramática en todas estas nuevas poblaciones, y mucho menos de otras facultades mayores, en observancia de lo dispuesto en la ley del Reyno, que con razón les prohíbe en lugares de esta naturaleza, cuyos moradores deben estar destinados a la labranza, cría de ganados, y a las artes mecánicas, como nervio de la fuerza de un Estado».

En cualquier caso, el 5 de julio de 1767 se publica el *Fuero de las Nuevas Poblaciones de Sierra Morena*, y el 17 de agosto llegan los primeros colonos. Dos años después, ya habían sido construidos dieciocho establecimientos en los que vivían 6700 extranjeros que habían encontrado en Andalucía su nuevo hogar. En esa ordenación ilustrada los pueblos se denominaban feligresías y tenían algunas aldeas anejas. Es en esta fecha cuando se crean algunos pueblos que actualmente podemos ver en Jaén viajando por la A4: La Carolina, que debe su nombre a Carlos III, con sus aldeas de Fernandina e Isabela, Navas de Tolosa, Ocho Casas y Vista Alegre; Carboneros, con sus anejos de Acebuchar, Los Cuellos, La Escolástica y La Mesa, y Guarromán, con sus aldeas de El Altico, Martín Malo, Los Ríos y Rumblar. También fueron colonias y también son de esta época, entre otras, La Luisiana, en Sevilla, y La Carlota, en Córdoba.

La influencia silenciosa

Pero ¿por qué vinieron los alemanes, flamencos y suizos? ¿Qué se les había perdido aquí? ¿Por qué quisieron abandonar sus países? Por un lado, décadas de guerras y conflictos habían mermado los recursos y hastiado a la población. Pero por otro, la excepcional situación climática de la Pequeña Edad de Hielo de la que hemos hablado con detalle en los capítulos anteriores vino a sumar en el mismo sentido. Una sucesión de veranos fríos y lluviosos y de inviernos muy fríos, a pesar de estar alternados con otros que no lo eran tanto, menguaban las cosechas y el rendimiento agrícola un año tras otro, con algún intervalo benigno que duraba poco y no contribuía más que a aumentar la frustración en el siguiente. De este modo, guerra y clima se aliaron en Centroeuropa en la mitad del siglo XVIII para que hubiera un contingente humano dispuesto a salir de allí huyendo de lo que ya conocían y les aterraba: el hambre.



El mapa muestra, en color negro, la ubicación de las «Nuevas Poblaciones de Andalucía y Sierra Morena», el visionario proyecto ilustrado orientado a poblar las grandes áreas desiertas situadas en el curso del Camino Real de Andalucía.

Convencerles sería fácil —aquí se les ofrecían tierras, animales y hasta exención de tributos—, pero habría que ir a buscarlos y traerlos aquí. De eso se encargó una figura peculiar que vio en este asunto una importante vía de negocio: el coronel bávaro Johann Kaspar Thürriegel. Este oficial logró primero colarse con argucias en la corte española para ofrecer sus servicios y después, conocedor de la situación en Centroeuropa, en cuyas guerras había luchado, no le costó reclutar candidatos para abandonar aquellas tierras devastadas en busca de un futuro mejor. Una situación similar, en definitiva, a la que se repite en pleno 2017, un cuarto de milenio después, pero ahora los migrantes y refugiados vienen de otra zona del mundo y llaman precisamente a las puertas de esa Centroeuropa de la que entonces se trataba de huir.

La segunda influencia

A pesar de todo, esta colonización de Sierra Morena estuvo a punto de no llegar a ocurrir. Por delante de ella había antes un plan A, que era el que por entonces estaba de moda: usar la masa humana disponible para colonizar el Nuevo Mundo. Así que se barajó la idea de que esos alemanes, flamencos y suizos que «ofrecía» Kaspar Thürriegel fueran trasladados hasta Puerto Rico, donde se necesitaba también la llegada de mano de obra. Pero se desechó esta idea, porque Campomanes pensaba que la ejemplar fortaleza de estos trabajadores podría verse muy mermada en un clima tropical al que no estarían acostumbrados y temía que, como ocurría con los que llegaban desde España, la mayoría optase por limitarse a ver cómo acababan trabajando los indígenas, desperdiciando una vez más un importante valor, en este caso humano. Esto contaría sin duda con el apoyo del otro ilustre ilustrado involucrado en el proyecto, Pablo de Olavide, quien fue el encargado de llevar a cabo la colonización desde su cargo de Intendente para las Nuevas Colonias de Sierra Morena y que conocía de primera mano la situación en el Nuevo Mundo, puesto que nació en Lima, Perú, donde vivió hasta los veintisiete años.

Así que, ahora por el calor tropical y no por el frío intenso de la Pequeña Edad de Hielo, el clima ejerció otra silenciosa influencia para, en este caso, disuadir al rey Carlos III del plan A y poner en marcha el plan B: colonias en el Viejo Mundo.

Alemanes en Jaén

Y así fue como más de 6000 alemanes llegaron a tierras de Jaén. Para fomentar el interés y facilitar su asentamiento, a cada familia de colonos se le entregaban cincuenta fanegas de tierra (treinta y dos hectáreas y media), dos vacas, cinco gallinas, cinco cabras, cinco ovejas y una puerca de parir, así como «algún plantío de árboles y viñas» y parte del espacio libre que quedaría en valles y montes donde aprovechar sus pastos y la leña que pudieran sacar. Estaban exentos, además, de pagar tributos durante los diez años posteriores a su llegada a la colonia, protegidos por un fuero especial.

Los colonos recién llegados se fueron mezclando con otros españoles, pues nunca crearon guetos ni barreras que dificultasen su integración: a los diez años de iniciada la colonización buena parte de los colonos eran de origen español. Es cierto que, a pesar de sus esperanzas, muchos de los llegados tampoco encontraron aquí las condiciones ideales: las enfermedades, el calor veraniego de las faldas de Sierra Morena y las disputas con vecinos que sí que tenían que pagar impuestos no se lo pusieron fácil en los primeros años. Pero llegaron otros muchos después, y tantos que han pervivido hasta el presente. Todavía quedan sus apellidos y sus rasgos centroeuropeos originales en muchos de los actuales vecinos de estos pueblos de Jaén (tan solo en La Carolina, por ejemplo, quedan abundantes muestras que desvelan esta procedencia: Bayer, Liz, Waterman, Neff, Wizner, Güiza, etc.), aunque no se hayan mantenido su lengua ni tradiciones y en las pastelerías no puedes encontrar *kuchen* ni pastel de ruibarbo y sí unos deliciosos y muy andaluces pestiños.

19

IRLANDESES EN AMÉRICA

Blue Bloods es una serie estadounidense de televisión creada por Mitchell Burgess en 2010. Está protagonizada, entre otros, por Tom Selleck y Donnie Wahlberg, y en España se conoce con el nombre de «Familia de Policías». Y efectivamente, de eso trata: las vicisitudes en torno a los Reagan, una familia de origen irlandés con una destacada presencia en el departamento de policía de Nueva York. Frank Reagan (Tom Selleck), el actual jefe de la policía de la ciudad, tiene dos hijos más en el cuerpo y un padre que le precedió en el cargo y ahora le da consejos en algunos de los casos que se presentan. Si se remontaran más atrás en el árbol genealógico, el primer antepasado de los Reagan en Nueva York no sería policía: posiblemente habría sido uno de los inmigrantes que llegaron a los Estados Unidos huyendo de la gran hambruna irlandesa de mediados del siglo XIX.

La historia reciente de los Estados Unidos no se explica sin la presencia masiva de aquellos irlandeses, así como la de los muchos italianos que llegarían poco después siguiendo sus pasos. De eso nos han dejado constancia las series y también las películas. Los movimientos migratorios forman parte de la historia del hombre desde su inicio, como vimos en la primera parte de este libro, pero antes de rematar la segunda, veamos qué condiciones deparó el clima en la sociedad del siglo XVIII e incluso la del XIX para que muchas personas se vieran empujadas a escapar de ellas. Aunque estamos hablando de nuestro entorno, Europa, y de unos años no muy lejanos, también se escuchaba aquí el sonido más estridente de la silenciosa influencia del clima: cuando las tripas suenan por hambre y es muy difícil callarlas.

Hambre y frío

Las grandes epidemias de hambre y mortandades han estado presentes en la historia de Europa hasta tiempos realmente recientes. La gran hambruna irlandesa de mediados del siglo XIX estuvo agravada por una plaga, pero en las décadas anteriores la simple conjunción de inviernos muy fríos o veranos demasiados lluviosos, provocados por un clima inestable, bastaba para encadenar varios años de malas cosechas y no poder alimentar a un gran porcentaje de la población. Y ya no estamos en la Edad Media, sino que nos referimos al siglo XVIII. Es la época en la que aparece la máquina de vapor (inventada por el herrero inglés Newcomen en 1712 y perfeccionada después por James Watt), la trilladora mecánica (Meikle, 1768) o el pararrayos, que por primera vez protegía a los hombres y sus casas de las violentas tormentas eléctricas (Benjamin Franklin, 1752). Pero la triste realidad es que el siglo en el que el hombre sube al aire por primera vez en un globo aerostático (hermanos Montgolfier, París, 1783) es también un tiempo en el que los hombres morían por cientos de miles cuando fallaban las cosechas.

Llegan los registros

También es el siglo XVIII una era de grandes avances en la ciencia meteorológica, sobre todo en el desarrollo de los instrumentos que permitirían llevar registros más fiables de las condiciones atmosféricas. En 1714, Daniel G. Fahrenheit fabrica el termómetro de mercurio, y, en 1780, Horace de Saussure completa el elenco —ya disponíamos del barómetro desde 1643 gracias a Torricelli— con el higrómetro, que mide la humedad del aire. Este es sin duda uno de los descubrimientos más curiosos: al observar que el cabello humano se encogía en los días de lluvia, o en general con un ambiente más húmedo, Saussure construyó un aparato que incluía un pelo de unos 20 centímetros sujeto por los extremos y un mecanismo simple para ir registrando sus cambios de longitud en una escala que los relacionaba con la humedad presente en el aire. Es el mismo sistema que emplea ese juguete meteorológico llamado «el fraile del tiempo» o «el burrito del tiempo», que indica si va a llover o no: lo que tienen ambos es un cabello humano que se encoge si aumenta la humedad —algo imprescindible para que llueva—, y al encogerse el pelo atado al resto del mecanismo el fraile levanta el puntero o el burrito el rabo, indicando que va a llover. Aparte de

importantes avances teóricos, como los que profundizaron en las leyes físicas de la circulación atmosférica, estos desarrollos técnicos permiten disponer por primera vez de datos del tiempo pasado obtenidos por instrumentos tecnológicos: comenzaba la época de los registros instrumentales de la meteorología. A partir de ahora, los detectives del tiempo pasado ya disponen de otras pistas, más directas y valiosas, que les indiquen cómo era el clima de los tiempos pretéritos.

Así sabemos que 1725 fue un «año sin verano» en Inglaterra. Los ingleses ya habían conocido inviernos con abundantes nevadas en ese siglo (1708-1709) y habían visto helarse el Támesis una vez más (en enero de 1716), pero ese año fueron las temperaturas estivales las que resultaron ser más bajas que nunca. En Londres «no parecía verano sino invierno», según H. H. Lamb. También 1740 tuvo un verano inusualmente frío. Ya había empezado el año con un invierno gélido, de temperaturas 6,2 °C inferiores a las normales en enero y de 5,2 °C menos en febrero, según datos que nos proporciona Brian Fagan. Solo en 1740 murieron por hipotermia 20.000 personas en Gran Bretaña. Inviernos gélidos, primaveras secas y con heladas tardías y veranos secos y fríos se repitieron también en los años siguientes. La situación en Europa continental era similar a la de Inglaterra, dando como resultado cosechas tardías, mermadas o, directamente, arrasadas. La dependencia de la agricultura de subsistencia no era tanta como en la Edad Media, cuando la gran hambruna de 1315, pero las bajas temperaturas y las enfermedades relacionadas con el hambre y el frío causaron también miles de muertes en Europa durante la gran crisis de 1740 y 1741.

Campo y revolución

A pesar del frío, parece ser que la economía inglesa no se resintió tanto porque había diversificado su agricultura introduciendo innovaciones durante el siglo anterior. Y, precisamente, fueron las condiciones frías del periodo más gélido de la PEH las que actuaron también de acicate para introducir esas mejoras agrarias. Tocaba agudizar el ingenio y probar nuevas cosas. En eso el ser humano siempre sabe bien cómo responder: cuando las condiciones del clima son más duras, su respuesta es más ingeniosa. Agricultores holandeses habían introducido en Inglaterra en 1660 una variedad de nabo resistente al frío que permitía plantarlo en septiembre, cuando se había recogido el cereal, dando un nuevo uso a tierras de otro modo desaprovechadas. También empezaron a cultivar la patata, que fue

definida en 1664 como un «remedio seguro y sencillo para las épocas de escasez». Con estas medidas, los ingleses empezaban a librarse de la tiranía exclusiva de los cereales.

Por esa senda continuaron durante el siglo XVIII, poniendo en marcha una revolución agrícola impulsada por ingeniosos hacendados que la aplicaban en sus tierras compartiendo con los demás los resultados. Uno de ellos, de nombre Jethro Tull, introdujo una nueva manera de arar y sembrar en hilera, aprovechando la azada de tracción animal para labrar a más profundidad. Otro, el vizconde de Townshend, se dedicó a plantar nabos en Norfolk rotando su cultivo con el del trigo, la cebada y el trébol cada cuatro años. De todos obtenía excelentes cosechas, y cada uno tenía una función que beneficiaba al siguiente: con el nabo se alimentaba al ganado que después trabajaría la tierra para sembrar el trigo.

El ímpetu innovador de la campaña inglesa empezaba a llegar también al campo francés, aunque aún quedaba mucho trecho por recorrer. A finales del siglo XVII seguían siendo constantes los problemas derivados de una economía de subsistencia, como los motines por el encarecimiento del pan, dependiente de su alta vulnerabilidad a las crisis climáticas. Los campesinos franceses, además, se habían resistido a plantar patatas. Sobresalía en cambio el cultivo de la vid y del trigo sobre todos los demás. El primero se resentía en los inviernos fríos y largos, y en los veranos lluviosos que retrasaban la vendimia. Por su parte el segundo se veía perjudicado por las abundantes lluvias, que nunca le venían bien. Los años malos en los que el grano disminuía o se retrasaba la vendimia hasta noviembre, el campo francés y toda la economía del Rey Sol se resentían. Pero sobre todo era la gente del campo la que lo sufría. Mientras los bailes continuaban en los salones de Versalles, la décima parte de los súbditos de Luis XIV murieron de hambre o por enfermedades en 1693 y 1694.

Ya estaba en el trono Luis XV cuando sobrevino la gran hambruna en 1740 y 1741, que, por supuesto, también padeció Francia. Hasta París llegó el frío inclemente de aquel comienzo de 1740: 75 días seguidos de bajas temperaturas que provocaron una escasez importante de provisiones. Y luego el ciclo conocido de frío, nevadas, deshielo, inundaciones, campos anegados... Y, sobre todo, cosechas que no prosperan.

Después vinieron varias décadas buenas para el campo francés, y quizá por eso les pillaran desprevenidos, o poco acostumbrados, las nuevas condiciones climáticas adversas de la década de 1780. El invierno de 1785 a 1786 volvió a ser muy severo, los años 1786 y 1787 se vieron afectados por grandes sequías y

el invierno entre 1788 y 1789 fue de nuevo muy frío. Sin pastos ni forraje para el ganado, muchos animales fueron sacrificados, mientras los cereales faltaban y el pan se encarecía. Cuando el fantasma del hambre parecía haberse alejado, volvió la escasez de alimentos. Aunque son muchos los motivos que llevan a un pueblo a levantarse contra sus gobernantes, no hay que desdeñar la influencia silenciosa de un clima en extremo variable como había vuelto a ser el del siglo XVIII como posible motivación. Ya sea como telón de fondo que va poco a poco calentando el terreno, o como detonante en un momento determinado en el que se agudiza la situación, las crisis de subsistencia, agravadas por un clima inclemente, han estado y estarán detrás de innumerables revueltas y revoluciones. Como siempre, eso sí, no hay una única causa, y la consecuencia será siempre resultado de la conjunción de varias. En la Revolución francesa, entre otras muchas y más decisivas motivaciones, la influencia silenciosa del clima también estuvo presente en aquella sociedad en efervescencia del siglo XVIII, aún vulnerable a las malas cosechas. El 14 de julio de 1789, no obstante, amaneció un espléndido día de verano sobre París.

España ilustrada

En la España del siglo XVIII también se sufría el frío de la década de los 40, e incluso antes de que llegase a Europa. El 18 de enero de 1734, las crónicas de Argamasilla de Alba, en Ciudad Real, tierras de Don Quijote, hablan de una nevada que los mantiene «afligidos de la mucha nieve que en este país ha caído que no se ha visto el suelo más tiempo de diez días». Y en enero de 1739 se heló el Pisuerga en Valladolid durante más de quince días, y las gentes paseaban y jugaban sobre el río helado: hubo incluso quien entró a caballo, «herrado a punta de diamante», para trotar sobre el Pisuerga. El siguiente invierno fue muy duro también en la península, al igual que los de 1744-1745 y 1754-1755, según los datos de Font Tullot. Poco después, el 3 de enero de 1757, cae una severa nevada sobre Galicia.

No obstante, parece ser que España contó en el siglo XVIII con menos sobresaltos y una variabilidad menos extrema que en los siglos precedentes e incluso que en el XIX. Entre 1720 y 1760 no hay constancia de esas grandes olas de frío que habían sido tan frecuentes y dañinas anteriormente, y los inviernos suaves seguidos de veranos no demasiado extremos se prolongaron hasta la década de los 90, cuando volvieron sobre todo los años lluviosos, con nuevas

inundaciones y riadas, y con ellas las rogativas *pro serenitate* (para que no lloviera). Pero en general el siglo no fue tan tremendo, sobre todo en los años que coincidieron con el reinado de Carlos III, del que podríamos decir que le tocó en suerte un buen clima durante los años de reinado (1759-1788). En ellos fue cuando también se empezaron a extender por España las nuevas prácticas de agricultura de la mano de Campomanes, de las que hemos hablado ya en el capítulo anterior. Y al conde de Campomanes le debemos también un avance en la recopilación de los datos meteorológicos, gracias precisamente al interés que tenía en la disciplina y en su repercusión en la agricultura, consciente, como hombre de Estado, de la influencia silenciosa del clima en la economía general. Así, en 1784 el conde de Campomanes ordena a los corregidores y alcaldes mayores que remitan cada quince días a la presidencia de Castilla noticias relativas al «temple del aire y de las lluvias, nieblas, vientos, nubes, rocíos, tempestades y demás meteoros que observasen, señalando su influencia favorable o nociva en la vida vegetal, y la que ejerzan sobre la riqueza consiguiente, o desmejoramiento y pérdidas de las cosechas». Pero antes de esto, los registros instrumentales y el avance teórico de la meteorología ya habían ido progresando previamente a lo largo del siglo, por mucho que lo hicieran a trompicones. En 1737, por ejemplo, aparecen los primeros registros de observaciones meteorológicas, con las anotaciones de los barómetros —medidas de la presión atmosférica— de la Real Academia de Medicina, y en 1789 se publica en Segovia el primer tratado científico sobre meteorología editado en España.



DIARIO METEOROLOGICO de este mes.				
Dias.	Vientos.	Barome- tro.	Thermo- metro.	Tiempos.
1.	S. O.	27. 10. variable.	13.	Nubes.
2.		27. 11.		Lluvia.
3.	O. S. O.		10.	Sol.
4.		27. 12. buen ti- empo.		Lluvia.
5.	O. N. O.		12.	Sol.
6.		27. 13.		
7.	. O. .	27. 11. variable.		Humedo, niebla alta, despues lluvia. Luna llena á la 1. y 32. minu- tos de la tarde en Cancer. . . .
8.		27. 10.	9.	Niebla espesa. . .
		27. 8. variable.		A las 10. del dia se levantó la niebla.
	. N. .	27. 6.		A las 2. viento fresco, sereno.

Portada del primer número del *Memorial Literario* y primera hoja del *Diario Meteorológico de Madrid*, correspondiente a enero de 1784.

Al final, a España llegó el frío, como al resto de Europa, y los avances en el campo y la ciencia meteorológica, también como en Europa. Sin embargo, las revoluciones no llegaron. Ni la francesa, ni la industrial. Condiciones climáticas semejantes no suponen consecuencias iguales. Un recordatorio más de que no hay que caer en el determinismo ambiental, y de que son siempre muchas las causas implicadas en cada acontecimiento. Pero en aquellas sociedades preindustriales del pasado, cuando el 80 % del trabajo de la sociedad estaba destinado a producir los alimentos en los que basaban la subsistencia, la silenciosa influencia del clima siempre tuvo algo que decir. Incluso mediado ya el siglo XIX y en pleno progreso social y económico de la humanidad, un país europeo habría de sufrir una gran hambruna que llevaría a más de dos millones de personas a la muerte o la emigración.

El triunfo de la patata

La última gran hambruna masiva en nuestro continente fue la sufrida por Irlanda entre los años 1845 y 1849. Fue resultado de una política nefasta, la dependencia de un solo cultivo, y de una plaga que arrasó con la patata cuando las condiciones climatológicas fueron adversas para las cosechas y proclives para la proliferación del hongo mortal. En 1841 el censo de irlandeses en la isla era de 8,2 millones de habitantes, en 1851 se había reducido a 6,5 millones.

La patata llegó a Europa en manos de don Pedro Cieza de León, que trajo el tubérculo desde América. De España pasó a Portugal, Italia y Francia, llegando a Inglaterra e Irlanda hacia 1586. Una leyenda dice que las primeras patatas llegaron a Irlanda tras el naufragio en su costa occidental de los buques de la Armada Invencible (que contamos en el capítulo 16). Desde las bodegas de los galeones, viajando con las olas, llegaron las primeras patatas, que después habrían de alimentar a toda una nación.

Sea como fuere su llegada, las patatas enseguida triunfaron en el campo irlandés, bien acogidas por un clima que es fuente de numerosos chistes y chanzas. Hay un amplio repertorio de hombres del tiempo de la televisión en circunstancias divertidas, pero a mí lo que más gracia me hace es cuando sale el de la televisión irlandesa y solo dice: «un día más, lluvia». Y su siguiente aparición es para decir, con otro traje y en otro día: «un día más, lluvia». Y vuelve a salir, ya en otra estación, y dice: «un día más, lluvia». La patata se adapta muy bien a esos meses de lluvias constantes... siempre que no sean tantas como para anegar el campo. El clima húmedo le favorece más que al cereal y no le importa que haya menos horas de sol. Es fácil de plantar y cosechar, requiere invertir menos horas de trabajo y luego es fácil de almacenar y de cocinar. Los campesinos irlandeses, en el sur y el oeste de la isla, fueron dejando de lado otros cultivos y sobre ellos acabó triunfando el de la patata. Pero depender tanto de un producto agrava la situación y amplifica las consecuencias cuando de repente desaparece.

La crisis de la patata

La crisis llegó en 1845 de la mano de un hongo que, curiosamente, también vino de América. Dos años antes, el hongo *Phytophthora infestans*, conocido como royo o mildiu de la patata, había infectado los cultivos de la costa este de los

Estados Unidos. Desde allí viajó, no se sabe cómo, a Europa, y se fue extendiendo hasta llegar a Irlanda. Allí le esperaba un verano nublado y húmedo, con frecuentes vientos fuertes y fríos: nada especial en el clima irlandés. Pero al hongo le vino muy bien ese tiempo para extender rápidamente sus esporas. Ese año se pierde el 40 % de la cosecha. Al siguiente, otra plaga seguirá mermando incansablemente la producción: las cosechas se arruinan de un día para otro. El hongo avanza rápido, cubriendo de una especie de pelusa a la planta, a la que también le salen manchas negras y empieza a desprender un olor fétido. Sin patatas que recoger, la población hambrienta se comía directamente los bulbos y eran menos las semillas disponibles para sembrar en la siguiente campaña... El 2 de septiembre de 1846 el *Times* de Londres publica a toda página: «Pérdida total». El gobierno de Londres también había influido en el desastre con una política antiproteccionista: sin querer inmiscuirse para no alterar el precio de los cereales, que no se habían visto dañados, y sin medidas de protección dedicadas a auxiliar a los irlandeses que sufrían la plaga frente a los terratenientes que continuaban exigiendo el pago del arriendo de las tierras a unos campesinos que no tenían ni para comer.

Irlandeses en América

Otro rebrote de la plaga en el frío verano de 1848 acabó por rematar la situación, y eso que ya solo se había plantado una quinta parte de la tierra disponible. Pero aquel año se resintieron también los cultivos de trigo y avena, ahondando en la crisis y la penuria. Los campesinos pobres del sur y el oeste de Irlanda, muchos expulsados por los dueños de sus tierras, que también tenían deudas, dejaban sus casas en el campo para ir a las ciudades en busca de refugio en los albergues de caridad o trabajo en la hacinada industria o las obras públicas a la intemperie. Las enfermedades tenían el terreno abonado para triunfar. La muerte, también. No se sabe la cifra exacta, pero se calcula que pudieron perecer hasta un millón y medio de personas en aquella gran hambruna que finalizó en 1849 pero cuyas consecuencias se seguirían padeciendo bastantes años más.

Al irlandés solo le quedaba la opción de quedarse y ver morir a sus hijos o emigrar a otro país. Fue la que se conoce como «diáspora irlandesa», cuyo pico más alto se registró en 1854 pero aún continuaría en la década siguiente. En este tiempo, dos millones de personas abandonaron Irlanda con destino a Australia

pero sobre todo a América: a los Estados Unidos y Canadá, pero también México, Uruguay o Argentina.

SKETCHES IN THE WEST OF IRELAND.—BY MR. JAMES MAHONY.



BOY AND GIRL AT CAMERA.



THE VILLAGE OF KESH.

We resume from our Journal of last week our Artist's Sketches of Scenes and Incidents from the distressed district of Sligo, and its neighbourhood; premising that our main object in the publication of this Series of Illustrations is to direct public sympathy to the suffering poor of these localities, a result that must, inevitably, follow the right appreciation of their extent and severity.

We left our Artist, last week, on the road to Drumahaire, to inquire into the horrible circumstances of Leahy's death.

The first Sketch is taken on the road, at Cahore, of a famished boy and girl turning up the ground to seek for a potato to appease their hunger. "Not far from the spot where I made this sketch," says Mr. M., "and less than fifty paces from the high road, is another of the many sepulchres above ground, where six dead bodies had lain for twelve days, without the least chance of interment, owing to their being so far from the town. After leaving this fearful spot, we soon reached Drumahaire, where I called upon the Rev. J. Crodon, and inquired of him as to the fate of Leahy. 'Not only do I know the statement to be true,' replied the reverend gentleman, 'but also prepared the man for death, and am ready to accompany you to the spot.' We, accordingly, started; and, within half an hour's drive, reached the village of Meale, where the house of Leahy is situated, and of which I send you a sketch. Whilst making this, I learned from Mr. Crodon, and one of the villagers, that not only was the account of Leahy's house in the Dairy true, but the case



MULLIN'S HUT, AT SCULL.

was even more disgusting than those stated; and, horrifying as it was, the man's mother, who found the dogs about him, after having first lain him across the few remaining scraps of straw upon the floor, went out to beg as much as would purchase a coffin to bury him in."

Having heard much of the wants of Drumahaire, I proceeded thither, and am delighted to say that this large and thriving town (of which I send you a sketch, taken from the bridge on the Cork road) seems to be the barrier to the dreadful want further west. Not, at the same time, but that much want does exist here, though nothing beyond what may be expected upon land where nature is not bountiful. The worst feature presenting itself, at this moment, all through the West, is the entire abandonment of agricultural occupation; and, during my entire excursion from Clonsilla round to Drumahaire, not more than ten or a dozen fields seemed to have been prepared for the spring and the sowing of all those to whom I addressed myself on the subject was, that if they put down, they did not know who would reap; and that, in case the crops were sown, the poor famished wretches would be there to eat them up long before they had time to grow.

Again, all sympathy between the living and the dead seems completely out of the question; and the revolting practice will, doubtless, go on until it works its own remedy. I certainly saw from 150 to 160 funerals of victims to the want of food, the whole number attended by not more than 50 persons; and so hardened are the men regularly employed in the removal of the dead from the workhouse, that I saw one



ENTRANCE TO DRUMAHIRE, FROM THE BRIDGE OF THE CORK ROAD.

Página del n.º 20 de *The Illustrated London News*, de febrero de 1847, con dibujos realizados por James Mahony que reflejan de primera mano la conocida como «gran hambruna irlandesa». El artista plasmó las terribles escenas de miseria que pudo contemplar en Cahera, una pequeña localidad situada en el condado de Cork, al oeste de Irlanda.

Como nos han enseñado el cine y las series de televisión, muchas de las grandes familias que contribuyeron a levantar Estados Unidos tienen su origen en estos inmigrantes irlandeses que huían de un país que había confiado su sustento a la patata. Así es como la patata, que vino de América en el siglo XVI siguiendo la estela de las naves de Colón, mandaría a miles de irlandeses de vuelta para allá cuatro siglos después.

20

EL AÑO SIN VERANO

La Pequeña Edad de Hielo comenzó con hambre y terminó del mismo modo. Desde la gran hambruna europea de 1315 hasta la crisis de la patata irlandesa de 1843 se sucedieron varios siglos de un clima enormemente cambiante, con frecuentes inviernos muy fríos pero también veranos frescos —e incluso otros de un calor extremo—, alternados con años o hasta cortos periodos en los que volvían a suavizarse las temperaturas. Ya desde 1840 en España y 1855 en el resto de Europa fueron predominando los años templados, sin demasiadas brusquedades térmicas. Así transcurrió el siglo XIX casi hasta su final, cuando ya en su última década regresaron las condiciones más frías que habían imperado anteriormente. Pero fueron sus primeros años los que han quedado marcados para la historia por una nueva oscilación climática que nos devolvería a la fase más álgida de la PEH. Es en este punto cuando los volcanes pusieron su granito de arena, o en este caso de ceniza, para seguir enfriando el clima, y cuando un año, 1816, pasó a la historia como el año sin verano.

Mínimo de Dalton

Las manchas en el Sol de las que hablamos en el capítulo 16 también brillaron por su ausencia entre 1790 y 1830, un periodo conocido como mínimo de Dalton en honor a John Dalton, meteorólogo y científico inglés que daría también nombre al daltonismo. De todos modos, la actividad solar no fue tan baja como lo había sido durante el mínimo de Maunder, entre 1645 a 1715. Entonces, cuando lo normal hubiese sido detectar unas 50.000 manchas solares en un lapso de treinta años, los observadores no pudieron señalar ni cincuenta. Como han demostrado las mediciones de radiación solar más recientes, la intensidad del Sol aumenta en los momentos en que más actividad presentan estas manchas sobre su superficie. Pero si durante el mínimo de Dalton la menor radiación solar contribuyó a bajar las temperaturas, no fue tampoco la única causa. El debate es similar, pero en sentido inverso, al que se suscita hoy en día cuando se señala como responsable del calentamiento global a uno de esos ciclos de once años en los que aumentan las manchas solares. Por sí solo, el aumento de la radiación proveniente del Sol podría explicar únicamente la mitad del incremento de la temperatura global en ese periodo. Así que hay que buscar otras causas para al menos el 50 % restante. Volviendo al caso que nos ocupa, aquella nueva oscilación fría de hace doscientos años, otra buena razón del enfriamiento residía en los volcanes.

Volcanes en acción

La actividad volcánica es otro de los principales responsables de los cambios climáticos bruscos, como hemos podido ver en nuestro recorrido desde que la Tierra empezó a formarse. En estos años, coincidiendo con el mínimo de Dalton, la mayoría de volcanes del mundo tuvieron una gran actividad.

Cuando se produce una erupción volcánica de tipo explosivo, toneladas de material incandescente son enviadas con fuerza a la atmósfera. La lava que corre ladera abajo desde lo alto del volcán puede resultar impresionante, pero aunque las cenizas y el polvo pasen más desapercibidos, viajan más arriba hasta llegar a la estratosfera. Hasta ahí llega también el dióxido de azufre (SO_2) que emanan las erupciones, y al reaccionar con el agua forma nubes de gotitas de ácido sulfúrico. La estratosfera es la región de la atmósfera que va desde unos 12.000 metros hasta los 50.000 metros de altura, y allí la temperatura va aumentando

según asciendes, al contrario de lo que pasa en la capa más baja de la atmósfera, la troposfera, donde desciende con la altitud. En la estratosfera el movimiento horizontal del aire es sosegado pero constante, de modo que los gases presentes en ella se van extendiendo inevitablemente alrededor de la Tierra. Y las nubes de ácido sulfúrico y el polvo van formando una capa, como un velo extendido alrededor de nuestro planeta, que dificulta la penetración de los rayos solares y rechaza hacia el exterior parte de la radiación recibida. La consecuencia de esta menor llegada de radiación a la superficie terrestre es su enfriamiento. Eso es lo que ocurre en las erupciones más violentas, aquellas con fuerza suficiente para enviar hasta las regiones más altas de la atmósfera una cantidad importante de materiales. Si ese velo persiste durante meses o años, el enfriamiento de la superficie terrestre será mayor, y mayores serán también las alteraciones en la circulación atmosférica y marina. Se calcula que una disminución de apenas un 1 % de la energía absorbida por la Tierra puede suponer 1 °C menos de temperatura en la superficie terrestre.

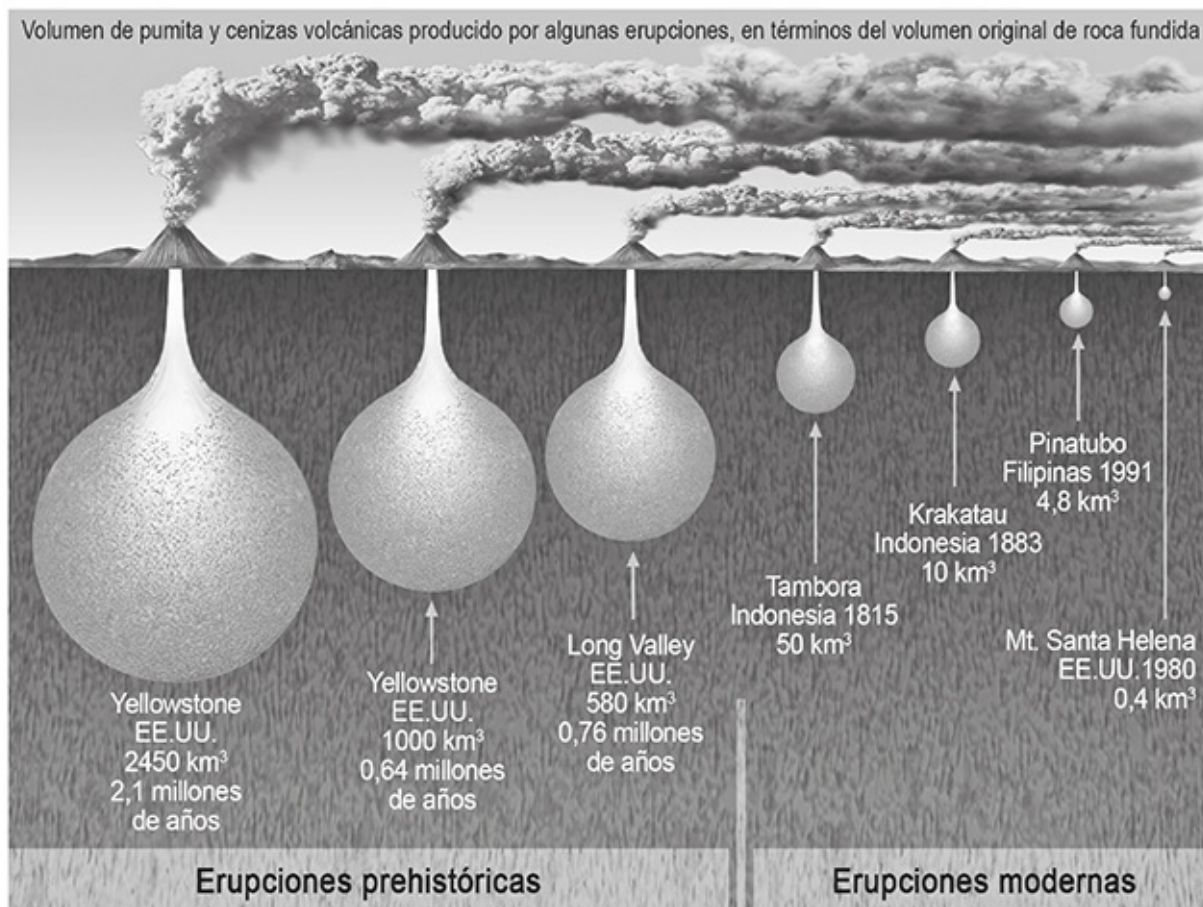


Erupción del volcán Tungurahua, situado en la zona andina de Ecuador, en febrero de 2014. Se trata de una erupción de tipo explosivo, que proyectó a la atmósfera un gran volumen de gases y material incandescente, al tiempo que ríos de lava arrasaban a su paso las laderas del volcán.

A finales del siglo XVIII y principios del XIX, frecuentes erupciones explosivas tuvieron lugar en distintas partes del planeta en una horquilla temporal de menos de cincuenta años. Los climatólogos e historiadores, como H. H. Lamb, coinciden en destacar por su relevancia las de mayo y junio de 1783 en Islandia, la de agosto de ese mismo año en Japón, las de 1812 en las Pequeñas Antillas y en las Célebes, las de 1814 en Filipinas y, sobre todo, la del volcán Tambora en Indonesia en 1815, responsable de que al año siguiente no llegara a haber verano.

El año sin verano

La erupción del volcán Tambora en la isla de Sumbawa, al este de Java, comenzó el 11 de abril de 1815. Tras tres meses de violentas erupciones el cono del volcán había reducido su altura en 1300 metros y las cenizas caían sobre terrenos a más de 500 kilómetros de distancia. Pero sus efectos no habían hecho más que empezar. Una vez en la estratosfera, la nube de polvo y ácido sulfúrico fue extendiéndose sobre el cielo de todo el planeta. En enero nevó en el sur de Italia y en abril en la costa este de los Estados Unidos, y la nieve que cayó en ambos lugares era de color marrón, azulado o incluso rojo, al haberse mezclado con las nubes los gases volcánicos presentes en la atmósfera. En Francia el Sol solo era visible por encima de un ángulo de 17° sobre el horizonte, mucho después de haber salido, porque una especie de capa gris velaba el límite del cielo; parecía tratarse de una niebla seca y densa que se extendía por todas partes. Cuando llegó el verano de ese año, la temperatura no logró remontar. Las medias en los meses estivales fueron entre 2,3 °C y 4,6 °C más bajas que las normales. En Europa y en América, el 1816 fue conocido como el año sin verano.



Comparativa de las grandes erupciones de la Historia. Puede observarse la importancia de la nube de ceniza expulsada en la erupción del Tambora, en abril de 1815, causante del célebre «año sin verano».

La capa de nubes de SO_2 y polvo en suspensión permaneció flotando alrededor del planeta a lo largo de dos años, creando una capa opaca que impedía que llegaran con fuerza los rayos del Sol. Cuando un año es frío, lo es sobre todo porque falta el calor que se acumula durante el verano, y si en el de este año se registraron medias tan bajas como las que hemos visto es fácilmente imaginable el invierno que llegaría a continuación. En el centro y oeste de Europa, además, lluvias y tormentas acompañaron a las bajas temperaturas de 1816. En Francia se retrasó la vendimia, y en Inglaterra y Alemania se malograron las cosechas de cereal. De la mano del hambre y la leña húmeda, que no servía para calentar, llegaron en invierno las enfermedades. Además, subió el precio del pan y aumentó el número de indigentes. Por esta y otras causas, una nueva crisis de subsistencia y nuevos conflictos y migraciones irrumpieron en escena. En 1816 y 1817 los motines en Francia fueron especialmente violentos; entre 1815 y 1819 miles de ingleses de Yorkshire partieron rumbo a los Estados Unidos y hasta

20.000 alemanes abandonaron su Renania rural rumbo a Norteamérica. En los años posteriores a la erupción del Tambora en Indonesia las fronteras de Europa también se cerraban, pero en este caso para evitar el desplazamiento de los propios migrantes europeos.

Napoleón y el frío

Desde 1805 y hasta 1820 fue el periodo más frío para muchos europeos. También fueron los años de las guerras napoleónicas, en sus diferentes fases o coaliciones. En la de 1812, Napoleón se enfrentó a otro enemigo inesperado: el clima. El emperador francés era muy consciente de la importancia de las condiciones meteorológicas en sus campañas, y teniendo esto en mente emprendió la invasión de Rusia en el inicio del verano: el 23 de junio de 1812 650.000 soldados de la *Grande Armée* cruzaron el río Niemen con la intención de someter al emperador Alejandro I de Rusia. Lo que Napoleón no sabía es que se iban a encontrar con la oposición de la inteligente estrategia del zar: el ejército ruso se iba retirando hacia Moscú sin oponer resistencia, mientras el francés avanzaba entre frecuentes enfrentamientos con la población local y sin encontrar fácilmente agua ni alimentos. Cuando Napoleón llegó a Moscú, el zar y los moscovitas habían evacuado la ciudad e incendiado algunos sectores. El 7 de septiembre Bonaparte ordena abandonar la ciudad, desolada y vacía, y emprende el camino de vuelta, donde encontraría la verdadera derrota. Sus tropas tuvieron que enfrentarse al inclemente otoño ruso, que en ese periodo frío del clima se parecería al invierno actual o resultaría incluso más gélido aún. Napoleón huyó en trineo hacia París, pero de los 650.000 que iniciaron la invasión en verano, a finales de noviembre de 1812 lograban abandonar Rusia tan solo 27.000 franceses.

Tres años después, Napoleón también seguiría pendiente del tiempo en su última batalla. Era la mañana del 18 de junio de 1815. Había llovido mucho la noche anterior, y el gran emperador, regresado de su exilio en la isla de Elba y al frente de un nuevo ejército, decidió esperar varias horas a que se secara el suelo antes de ordenar el ataque. Así fue como, minutos antes del mediodía, comenzó en Bélgica la batalla de Waterloo. El comienzo del final.

La España del XIX

En España el año sin verano pudo ser el 1816 o incluso el siguiente, pues el 3 de agosto de 1817 se registró en Madrid una máxima de solo 24,3 °C. Veinte años más tarde, en julio de 1837, el termómetro marcó los 42,5 °C. La sucesión de fases frías y cálidas bien marcadas y más o menos acordes con las que se vivían en Europa es, a juicio de Font Tullot, la característica más notable del siglo XIX en España. Aquí, por ejemplo, las tropas napoleónicas y las españolas lucharon en Bailén bajo unos calurosos 40 °C el mes de julio de 1808. Ocho años después, los teatros de Madrid cerraban en los meses veraniegos por el insoportable calor y, entre medias, habíamos tenido esos años sin estío. De nuevo se ponía de manifiesto la variabilidad extrema característica de la PEH, que seguiríamos sufriendo hasta su final, pues esa fase fría se extendería en el clima de nuestro país hasta alrededor de 1840.

Después de esto destacaron, por benignas, las condiciones climáticas entre 1840 y 1880, mientras, en lo referente a las precipitaciones, en la vertiente atlántica las fases cálidas propiciadas por inviernos suaves y húmedos se alternaban con otros fríos y secos. No faltaron los episodios extremos, como las inundaciones y riadas que sufrió Murcia entre 1876 y 1881, con numerosos muertos y daños materiales, temporales marítimos como el que causó en 1895 el hundimiento entre Tánger y Cádiz del *Reina Regente*, uno de los buques entonces más modernos de la Armada española, o la última helada del Ebro en Tortosa, con temperaturas de -9,5 °C que lograron congelar el río una vez más. Pero, como hemos dicho, esta sería la última: desde entonces ya no se ha vuelto a ver algo así, signo de que los tiempos están cambiando.

El fin de una época

En Europa se propone como fecha final de la PEH el año 1855, a partir del cual el clima se volvió más templado y los glaciares comenzaron su nueva fase de retroceso, en la que siguen hoy en día. Desde esas fechas y hasta la década de 1940, ya en el siglo XX, las temperaturas se fueron recuperando lenta pero progresivamente. Una tendencia que se detuvo entre 1950 y 1979, cuando de nuevo el clima se tornó frío y algunos climatólogos llegaron a pensar que se estaba marcando el regreso a una nueva glaciación. Pero no. Con los 80 llegó de nuevo la tendencia al alza en las temperaturas, en una nueva fase cálida que ha seguido hasta la actualidad e incluso se ha pronunciado en los primeros años del siglo XXI. En esta nueva época el clima seguirá ejerciendo su influencia

silenciosa, pero ahora, por primera vez, también la actividad humana influirá en él. Descubrir cómo, cuándo y qué consecuencias tiene es lo que nos ocupará en la tercera y última parte de este libro.

Antes de terminar el siglo XIX, una última ola de frío sacudió Europa, como había pasado también en España. En el invierno de 1894 a 1895 los témpanos de hielo volvieron a flotar sobre el río Támesis en Londres, pero ya no llegó a congelarse por completo. Aunque las temperaturas fueran muy bajas, las ferias sobre el río helado de los siglos XVII y XVIII eran impensables ahora, y nunca volvieron a repetirse. Formaban parte de otra época, y aunque posteriormente las temperaturas en Londres llegaron puntualmente a ser incluso inferiores a las registradas entonces, el río ya no volvió a cubrirse de hielo. Los vertidos urbanos e industriales que habían empezado a llegar a su cauce contribuirían a elevar la temperatura lo suficiente para que, aunque el aire estuviera a bajo cero, el agua se mantuviese por encima de los 10 °C. La influencia del hombre en el clima no había hecho más que empezar.

TERCERA PARTE

La influencia humana

21

EL CLIMA DEL SIGLO EN QUE NACISTE

Si tienes entre 40 y 66 años, el día en que naciste hacía más frío que en cualquiera de tus últimos cumpleaños. Es altamente probable. Y si naciste en primavera, lo cual también es probable, sería una primavera fría. Entre 1951 y 1977 el clima volvió a romper la tendencia de calentamiento en la que había entrado desde finales del XIX: casi tres décadas con temperaturas más bajas que en las precedentes y las posteriores, tanto en España como en el conjunto del mundo. Es por esto que, si viniste a él en alguno de aquellos días, es muy probable que la temperatura fuera más baja que en los aniversarios que se cumplan de esa fecha en este siglo XXI. Lo de la primavera también es una cuestión de probabilidad. Según la estadística, en la década de 1970 en España los niños nacían mayoritariamente en esa estación, y sobre todo en el mes de mayo. Las vacaciones de agosto se aprovechaban bien. En los últimos diez años el mes de mayo ha empezado a ser uno más, y la mayoría de nacimientos se han ido desplazando hacia el final del año: predominan septiembre y octubre, además de julio.

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
1975					60.548							
1976					60.022							
1977					59.158							
1978					59.782							
1979					55.171							
1980					50.140							
1981					48.839							
1982					46.998							
1983					43.650							
1984					42.297							
1985					41.155							
1986					38.404							
1987					37.286							
1988			36.288									
1989										35.194		
1990							34.970					
1991									34.580			
1992									34.349			
1993			34.073									
1994					32.804							
1995							31.955					
1996												34-463
1997							32.667					
1998									32.012			
1999									33.310			
2000					34.026							
2001										36.266		
2002										37.123		
2003									38.655			
2004										40.051		
2005									40.300			
2006										43.315		
2007										44.377		
2008							45.478			44.844		
2009							43.024					
2010												43.596
2011								41.424				
2012										40.027		

Meses de cada año con mayor número de nacimientos, desde 1975 hasta 2012, según datos del Movimiento Natural de la Población. (Fuente: INE)

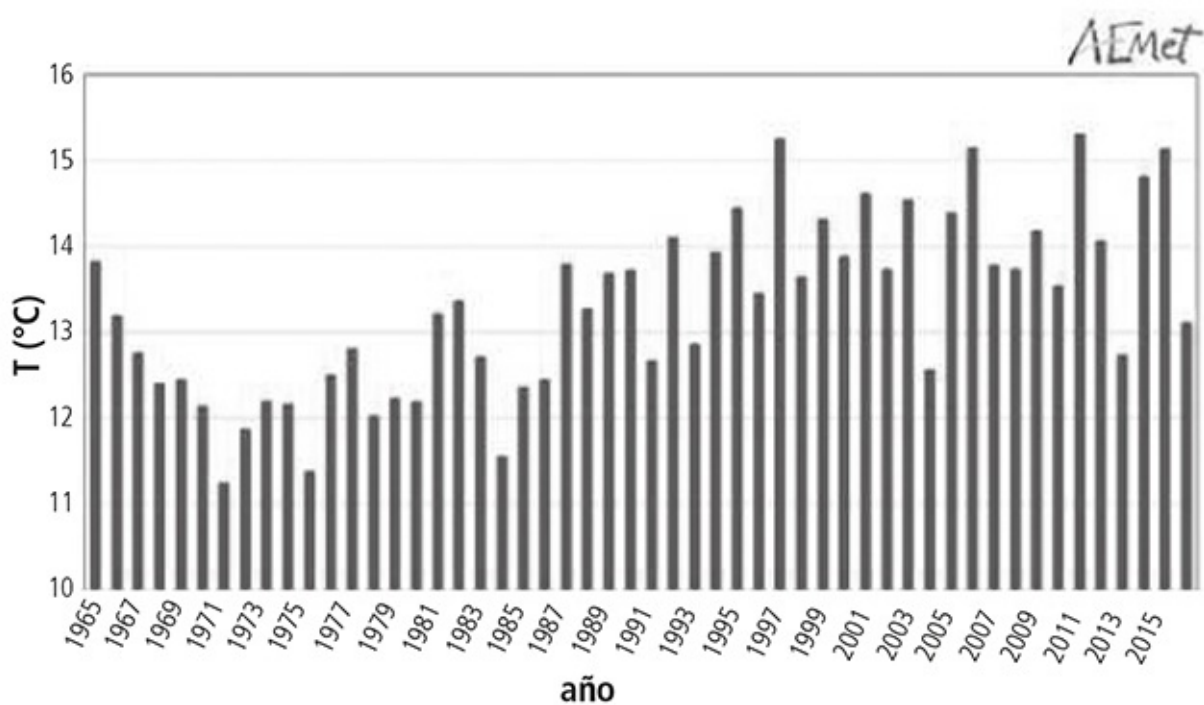
Yo nací en un frío día de primavera de 1971, el último del mes de marzo. Días antes había estado nevando; mi madre siempre me lo recordaba. Y también les contaba después a sus nietos cómo, cuando era ella moza e iba a por agua a la fuente en invierno, tenía primero que romper el hielo que se había formado durante la noche. Y en el camino de vuelta, con el cántaro lleno, muchos días se le helaba el pelo. No ha pasado tanto tiempo desde estas escenas típicas del cine del neorrealismo de posguerra, de películas de Visconti y Rossellini o de Marco Ferreri y Berlanga: estamos hablando de los años 50. España, por fortuna, ha

cambiado mucho en poco tiempo. Pero volvamos a la actualidad. En 2016 tuvimos en España una insólita primavera fría. Justo el invierno anterior había sido incluso cálido, siguiendo la tendencia general de la última década. Hasta entrado febrero no llegó la primera nevada al Sistema Central, y las heladas habían destacado hasta entonces por su ausencia. El tramo final del invierno sí fue algo más frío, pero sobre todo resultó serlo la primavera siguiente, con unas temperaturas muy inferiores a las anteriores primaveras, rompiendo la tendencia ascendente. Pues bien, la temperatura media de esa fría primavera de 2016 en España fue de 13,1 °C, similar a la temperatura media de 1966 y ¡superior a todas las primaveras desde 1967 hasta 1981! Esta temperatura que ahora para nosotros significa una «primavera fría» es lo que a mitad del siglo xx hubiera sido una «cálida primavera».

Si naciste en el siglo xx y tienes curiosidad por conocer qué tiempo hacía el día que naciste, en la web de AMET (<http://repositorio.aemet.es/browse?type=dateissued>) podrás encontrarlo. Pero si tienes diecisiete años o menos, lo tienes más claro: has vivido en los años más cálidos desde 1880, cuando empezaron los registros fiables de temperatura. De cómo hemos llegado hasta aquí es de lo que trata esta tercera parte del libro que empezamos ahora. Veremos también cuál ha sido la influencia del hombre en este calentamiento y cómo hemos logrado, pequeños mequetrefes, tener la capacidad de influir en el clima por primera vez en la historia de la Tierra. También veremos cómo este nos sigue influyendo en pequeños actos cotidianos, como viajar en avión o pagar el recibo de la luz. Pero veamos primero cómo fue aquel siglo xx que puede parecer ya lejano, pero en el que tantas cosas importantes sucedieron para el clima. Aparte, por supuesto, de ese momento tan importante para cada uno de nosotros que fue nuestro nacimiento.



Mapa que muestra la anomalía de temperaturas registradas en España durante la primavera de 2016.
(Fuente: AEMET)



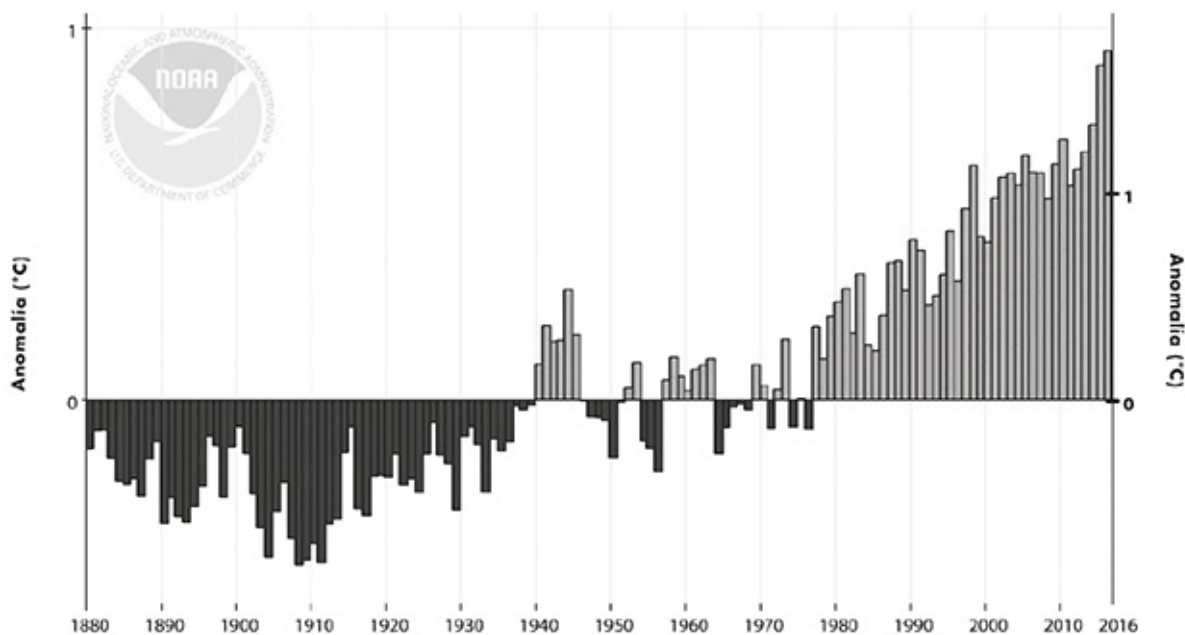
Serie de temperaturas medias en España desde 1965 hasta 2015 durante el trimestre marzo-mayo. Como puede verse, la media tan baja de 2016 sería una de las más altas de la década de 1970 del pasado siglo.

(Fuente: AEMET)

El siglo XX

Durante el siglo XX la temperatura media de la Tierra subió 0,6 °C, según los datos de los termómetros en superficie. Se han detectado, eso sí, diferencias según la zona del mundo en la que nos centremos: el hemisferio norte presentó una anomalía más alta, con un mayor calentamiento en el noroeste de los Estados Unidos y de Canadá y el norte de Rusia y de Europa. Esta es una constante que se mantiene hasta nuestros días: las latitudes más altas del hemisferio norte, y sobre todo el Ártico, parecen mostrar una mayor sensibilidad y acusan en mayor grado los aumentos de temperatura.

La subida tampoco fue constante durante todo el siglo. Aparte de los altibajos normales entre unos años y otros, los climatólogos suelen identificar un primer periodo de ascenso desde 1910 a 1944 y otro que iría de 1978 a 1998, año este último el más cálido de todo el siglo XX. Entre medias, otra fase en la que desatacaría una tendencia hacia condiciones más frías. Un periodo, entre 1945 y 1977, con temperaturas de media un par de décimas de grado más bajas que las del resto del siglo, tampoco mucho más.



Anomalía de la temperatura media anual de la Tierra desde 1880 hasta 2016, comparada con la media del siglo XX. Datos de estaciones meteorológicas. (Fuente: NOAA)

A pesar de ello, fue en esos años cuando se dieron los fenómenos relacionados con las bajas temperaturas más destacables de todo el siglo xx. El invierno de 1962-1963 fue el más frío en Inglaterra desde 1740. En el de 1965-1966 el mar Báltico estuvo completamente cubierto por una capa helada, y en 1968 la mitad de Islandia quedó rodeada por los hielos marinos del Ártico, algo que no ocurría desde 1888. En Rusia y Turquía vivieron en 1971-1972 el invierno más frío de una serie de doscientos años y el Tigris se heló. El de 1976-1977 fue el más severo en la costa este de los Estados Unidos desde que empezaron los registros termométricos en 1738. Más o menos por estos mismos años, en 1962, cuatro jóvenes se habían juntado en Liverpool para revolucionar la música del siglo xx. Curiosamente, el nombre del mítico lugar en el que empezaron sus conciertos, *The Cavern*, puede que fuera algo más que una casualidad en aquellos años de días y noches más frías.

En España

En España la fase fría del siglo xx se retrasó unos cinco años respecto al conjunto global. Por eso fue entre 1951 y 1978 cuando tuvimos aquí algunos de los episodios más gélidos y los récords de las temperaturas más bajas en nuestro país, que aún siguen en pie. Treinta bajo cero es a día de hoy la temperatura más fría en zona habitada que un termómetro oficial ha documentado en España: corresponde al del observatorio meteorológico de Calamocha, en Teruel, y se registró el 17 de diciembre de 1963.

Fuera de las zonas habitadas, el récord de frío en España lo tiene la estación situada en el lago Estangento, en el Pirineo de Lleida, con -32°C un 2 de febrero de 1956. Los $-24,6^{\circ}\text{C}$ de Reinosa, los -24°C de Albacete y los -22°C de Burgos datan del invierno de 1971. Esto por hablar de las temperaturas más bajas de toda España, pero allá donde miremos, en la mayoría de las provincias sus récords propios datan también de este periodo. En Sevilla, por ejemplo, las cinco temperaturas medias anuales más bajas desde 1951 —fecha en la que comienzan a tomarse datos en el aeropuerto de San Pablo— corresponden a las décadas de los 50, los 60 y principios de la de los 70. En 1951, por cierto, la media anual de la temperatura en esta ciudad era de $17,9^{\circ}\text{C}$. En 2016, en ese mismo punto, la temperatura media es de $19,8^{\circ}\text{C}$. Un aumento de casi 2°C en tan solo 65 años.

Pero volvamos a mediados del siglo xx para comprobar cómo, efectivamente, aquellos sí que eran inviernos rigurosos. Nevaba más en aquel periodo que actualmente, a pesar de que ahora haya años con grandes nevadas que puntualmente puedan superar las de aquel entonces. Pero entonces eran más frecuentes. Grandes cantidades de nieve cubrieron el centro de la península en febrero de 1963: en Madrid nevó el día 1, que dejó 8 centímetros de nieve, y de nuevo el día 3, que acumuló una capa de 16 centímetros. En los días siguientes heló intensamente, con mínimas de diez bajo cero, de modo que la capa de nieve se congeló y hubo que recurrir al ejército para que ayudase a retirar las placas de hielo para normalizar la situación. En 1973 fue en abril cuando nevó copiosamente durante cinco días en el País Vasco, Navarra y los Pirineos, a lo que hay que sumar las importantes nevadas de enero de 1978... Y también las olas de frío, más intensas. Como la de febrero de 1956, que duró casi todo el mes, con hasta tres invasiones de aire polar continental que se fueron encadenando. En la costa del sur del Mediterráneo la media mensual fue 3 °C menor a la normal en febrero, cuando ya de por sí suelen ser bajas, y en Cataluña de hasta seis grados menos. Muchos observatorios registraron temperaturas negativas en todos los días del mes, y en los pueblos más fríos la media diaria llegó incluso a ser bajo cero durante buena parte de aquel gélido febrero de 1956. En 1971 se suceden varias olas de frío: destacan la de enero, que encadenaba con otra del diciembre anterior, y la de marzo, que dejó una mínima de -15 °C en Cuenca. No solo fue más fresco el día en que vinimos al mundo, sino que también las infancias de aquellos niños que nacimos en los 50, los 60 y la primera mitad de los 70 fueron más frías que las actuales. Los abuelos de ahora que dicen que para inviernos, los de antes, tienen toda la razón.

ESTACIONES	TEMPERATURA		PRECIPITACION		Horas de sol
	Máx.	Mín.	Noche	Día	
Vitoria (A.)...	2				
Logroño	4	-4			7.4
Pamplona... ..	2	-7			
Monflorite... ..	2	-7			7.5
Candanchú (*)	-3	x			
Veruela	2				
Calatayud	-3	-13			
Daroca... ..	-5	-22			
Sanjurjo	3	-6			7.7
Zaragoza	4	-3			
Calamocha	-11	-30			
Teruel... ..					

En 1963 Calamocha registró el récord de temperatura mínima de España. En la imagen, anotaciones del boletín diario del Servicio Meteorológico Nacional del 17 de diciembre. (Biblioteca Virtual de Prensa Histórica)

Final cálido

La década más cálida de todo el siglo xx fue la última. La pendiente ascendente en la gráfica de las temperaturas se hace cada vez más inclinada y continua siempre hacia arriba. O casi siempre. En junio 1991 entró en erupción el volcán Pinatubo, en la isla de Luzón, de Filipinas. La cantidad de gases y cenizas que lanzó hacia la estratosfera fue la mayor desde la erupción en 1883 del Krakatoa, en Indonesia: expulsó veinte millones de toneladas de SO₂. Y ya sabemos lo que ocurre cuando una fina nube de ácido sulfúrico se extiende por la estratosfera rodeando la Tierra: las temperaturas globales descendieron unos 0,5 °C durante un año, sobre todo en los primeros meses de 1992, que fueron más fríos en el

conjunto de la Tierra. Fue un pequeño paso atrás del calentamiento, causado por un fenómeno natural. Otro, de orden climático, influiría en el sentido opuesto para convertir a 1998 en el año más cálido de todo el siglo xx.

«El Niño» es el apelativo «cariñoso» que le hemos puesto a un fenómeno natural y más o menos cíclico que consiste básicamente en el calentamiento de las aguas superficiales del Pacífico sur, frente a las costas del Perú. En realidad es la fase cálida de una oscilación, la ENSO —siglas, en inglés, de El Niño-Southern Oscillation—, que tendría también otra fase fría, conocida como «La Niña».

Como resultado de este calentamiento —o enfriamiento— de una gran masa de agua, se desencadenan cambios a uno y otro lado del Pacífico. Las consecuencias más conocidas de El Niño —que se dan a la inversa con La Niña— son lluvias abundantes que pueden provocar inundaciones en Perú o en Chile y sequías en Australia e Indonesia. Su aparición es recurrente, pero los ciclos no son regulares. Cada ocho años puede darse un episodio de El Niño, pero a veces pasan solo tres antes de que volvamos a tener otro. La intensidad también varía, aunque suele darse un episodio muy fuerte, o ENSO extremo, cada cincuenta años. El de 1997-1998 lo fue: el más intenso de todo el siglo xx, y la elevada temperatura del océano Pacífico, hasta cinco grados por encima de su media, contribuyó a elevar la media global.

Dos fenómenos naturales están detrás de dos anomalías puntuales, una fría y otra cálida, en las temperaturas del siglo xx. Pero la tendencia era claramente la de un calentamiento sostenido, y los científicos ya empezaron a advertir en ese siglo de que la actividad humana era la responsable de la dinámica ascendente de las temperaturas. Primero lo hicieron tímidamente, y luego, abiertamente. Hoy en día, de hecho, el IPCC atribuye todo el calentamiento de la segunda mitad del siglo xx a la actividad humana. También es en este siglo, por cierto, cuando nacen el propio IPCC y el Protocolo de Kioto, y cuando acaba consolidándose la lucha contra las emisiones de CO₂, señaladas como responsables del calentamiento global.

La ciencia del calentamiento

Los meteorólogos y climatólogos empezaron pronto a comprobar que, con el siglo xx, se mantenía una tendencia que había comenzado unas décadas antes: la del incremento gradual de las temperaturas en el conjunto del planeta. Sin

embargo, llegaron la década de los 50 y las posteriores y, de repente, la tendencia cambió. Lo que pensaban entonces los científicos, o al menos muchos de ellos, era que el hombre y la industrialización podían estar detrás de esa pequeña variabilidad climática, pero justo al contrario de como pensaríamos ahora: el desarrollo productivo estaría ayudando a enfriar el clima o, incluso, como decía la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS), podríamos estar en camino hacia una nueva glaciación. La causa, según numerosos artículos publicados en los años 70, residía en la contaminación. El incremento de la actividad industrial y la consiguiente expulsión a la atmósfera de gases y pequeñas partículas —los aerosoles de los que hablaremos en el siguiente capítulo— estaban oscureciéndola, haciéndola más opaca a los rayos del Sol, que llegaban más difusos a la Tierra y calentaban menos su superficie. La consecuencia sería otra Pequeña Edad de Hielo. En junio de 1974 la revista *Time* publicó en portada: «¿Otra Edad de Hielo?». Pero llegaron los 80, y con ellos el clima volvió a la senda del calentamiento. La nueva Edad de Hielo no iba a llegar de momento.

En esa década las investigaciones científicas empezaron a tener otro objeto protagonista: la capa de ozono. La debilitación de esa barrera natural de gas ozono —que resulta nocivo cuando lo tenemos en la troposfera pero nos salva del achicharramiento desde la estratosfera— movilizó a la sociedad en contra de los CFC, causantes de la aniquilación de las moléculas de O_3 . En 1985 se firmó en Viena el Convenio para la Protección de la Capa de Ozono, y en 1987 el Protocolo de Montreal, que iniciaba la eliminación de los CFC. (Una eliminación que ha ido a buen ritmo, entre otras cosas porque la industria ya contaba con otros compuestos químicos que «no dañan la capa de ozono» para reemplazar a los anteriores.)

Junto a la preocupación por la capa de ozono regresaba de nuevo el interés por el clima, pero ya en un sentido opuesto, dado el nuevo escenario de aumento de las temperaturas. Ese mismo año, 1987, la portada de *Time* fue: «El calor ya está aquí». Y al año siguiente, 1988, nació en Ginebra, en el marco de la ONU, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: el famoso IPCC del que tanto hablamos ahora, y que vamos a conocer un poco más a fondo a continuación.

El IPCC

El IPCC no es más que lo que su propio nombre indica: un grupo de expertos designado por los gobiernos de distintos países que recogen el conocimiento existente sobre el cambio climático. No realizan investigaciones ni tampoco se encargan directamente de registrar los datos de los cambios de temperaturas, emisiones, etc. Su labor es recoger y evaluar los trabajos que publican los científicos, recabar los datos que suministran las instituciones y redactar informes con las conclusiones más relevantes, los métodos de trabajo y las propuestas de actuación frente al cambio climático.

Hay tres grupos de trabajo dentro del «Panel». El primero es responsable de evaluar los aspectos científicos del sistema y el cambio climáticos, el segundo evalúa sus consecuencias positivas y negativas, así como las oportunidades de adaptación al mismo, y el tercero se encarga de estudiar las posibilidades de limitar las emisiones de CO₂. Periódicamente, el IPCC redacta informes —el último es el quinto, que data de 2014— que sirven de base a los debates de las cumbres del clima y los acuerdos que salen de ellas, como fue el Protocolo de Kioto (1997) y, más recientemente, el Acuerdo de París (2015).

Desde el primer informe del IPCC, en 1990, hasta el último el grupo de expertos ha ido llamando la atención con una voz cada vez más enérgica sobre la influencia del hombre en el clima y las consecuencias del cambio climático. En aquel primer informe se expresaba la posibilidad de que el calentamiento experimentado desde principios de los 80 se debiera «tanto a las emisiones industriales de gases de efecto invernadero como a la variabilidad natural del clima», sin llegar a cuantificar la contribución humana al calentamiento global. En el segundo informe, de 1995, ya se señalaba al hombre como responsable principal del cambio climático, y por primera vez aparece la palabra influencia: «el balance de las pruebas sugiere una discernible influencia humana sobre el clima». En el tercer informe, de 2001, ya sí se cuantifica esa influencia: «las emisiones de gases de efecto invernadero son probablemente responsables de más de la mitad del aumento de la temperatura terrestre desde 1951». El cuarto informe, de 2007, reduce el índice de incertidumbre al decir que «muy probablemente» somos responsables de la mitad del aumento de temperatura desde 1951, y el quinto y último informe, de 2014, ya lo expresa sin grados de probabilidad: «la influencia humana en el sistema climático es clara... El calentamiento del sistema climático es inequívoco».

Pero, ¿cuánto influye el hombre? ¿Es el responsable de todo el calentamiento? ¿Cuánto depende de las causas naturales? Y la influencia del hombre, ¿cómo la ejerce y hasta dónde llega? Para encontrar la respuesta a todas estas preguntas

tendremos que esperar al capítulo siguiente, donde daremos la palabra también a quienes no creen que el hombre tenga algo que ver en el calentamiento o consideran que, sencillamente, el clima no se está calentando.

UNA NUEVA ERA

Leyendo los periódicos, a veces cambiar de época parece tan fácil como jugar el partido del siglo en el fútbol. Bien sea porque se enfrenten el Madrid y el Barcelona en algún momento delicado para alguno de ellos y se confía en que con la victoria llegará también el resurgir de un equipo sobre las cenizas del eterno rival, o bien porque la selección nacional necesite ganar para pasar de ronda en cualquier Eurocopa o Mundial, el caso es que en cada año suele haber dos o tres partidos del siglo. Con la historia ocurre lo mismo: a menudo un hecho relevante se reviste de mayor trascendencia si con él inauguramos una nueva época. Y cada dos por tres estamos entrando en una nueva era.

Quizá destacar su noticia sobre las otras, o tal vez hacer hincapié en algo que podría sonar a lo de siempre pero que esta vez era más relevante, fue lo que llevó a la Organización Meteorológica Mundial a afirmar con rotundidad, el 24 de octubre de 2016, que el planeta «comenzaba una nueva era climática».

Más allá de saber si esta nueva era ya ha empezado o no, o si tal vez lo hizo hace 120 años, detengámonos en el hecho relevante en que se basaba la noticia: la concentración de CO₂ en la atmósfera había superado por primera vez en la historia reciente las 400 partes por millón. El dato se refería al balance de 2015 sobre los gases de efecto invernadero (GEI), según el boletín que anualmente publica la OMM.

Los niveles de CO₂ ya habían alcanzado en anteriores ocasiones esta cifra, pero solo en algunos lugares concretos y durante ciertos meses. En esta ocasión, sin embargo, se trataba de una medición a escala mundial durante todo un año. La cifra supone un 143 % de los niveles de CO₂ previos a la era industrial, que eran de unas 280 ppm, y significa un incremento mayor al del año anterior y que la media de los diez años previos. En un momento de alta concienciación sobre

las emisiones de efecto invernadero, en el mismo año en que 193 países habían firmado el Acuerdo de París (22 de abril de 2015), llegaba el jarro de agua fría del boletín de la OMM con el dato de que el CO₂ volvía a subir hasta niveles nunca alcanzados. Cuando su secretario general dijo que «el 2015 hará historia por haber marcado una nueva era climática», puede que ya no supiera cómo decirlo ni más alto ni más claro. No sabía, en definitiva, cómo explicar al resto de la humanidad la influencia decisiva de este gas en el calentamiento del clima.

La importancia del CO₂

En los cambios climáticos que hemos visto hasta ahora las causas eran meramente naturales, bien fuese por la orientación y posición de nuestro planeta respecto al Sol (ciclos de Milankovic), por los cambios en la luminosidad o la actividad solar (series de once años de las manchas solares) o por las erupciones volcánicas. Sin embargo, a partir del siglo xx otro elemento entra en juego: la actividad industrial del hombre.

Las causas naturales siguen contando, dicen los científicos, pero en mucha menor medida de lo que lo hace la actividad humana. Es más, en un reciente informe, el IPCC ha llegado a afirmar, como vimos en el capítulo anterior, que «todo el calentamiento global desde 1950 es atribuible al hombre, principalmente a través de un aumento en el dióxido de carbono debido a la quema de combustibles fósiles».

La relación del CO₂ con el calentamiento global ni es un descubrimiento reciente ni nació con Al Gore. A principios del siglo xix, el francés Jean-Baptiste Fourier ya teorizó sobre el efecto invernadero, y en 1861 John Tyndall pudo verificarlo en un laboratorio. Llamamos así a ese fenómeno natural que permite la vida en la Tierra: la presencia en la atmósfera de unos determinados gases —gases de efecto invernadero— que «atrapan calor», logrando que no toda la energía que llega del Sol se escape luego hacia el espacio. Ese poco de más que se queda es lo que permite que tengamos una temperatura media de unos 15 °C; sin atmósfera y sin gases de efecto invernadero sería de unos -18 °C, y con ello la vida sería mucho más difícil, como ya vimos en el segundo capítulo.

Ocurre, pues, como en los invernaderos de las plantas: la luz del Sol atraviesa el cristal y calienta el interior, pero luego una parte de ese calor no puede escaparse y se queda dentro. Solo que en nuestro caso no es un cristal, sino un conjunto de gases y sus reacciones químicas los que permiten atrapar ese calor.

La radiación que llega en forma de luz es de onda corta y puede atravesar esos gases sin quedar atrapada, pero la que regresa hacia el exterior desde la superficie terrestre es radiación infrarroja, de onda larga, ante la que sí reaccionan los gases de efecto invernadero.

El propio Tyndall ya pudo comprobar en su laboratorio hace 156 años que «el calor posee la capacidad de atravesar la atmósfera; pero, cuando el calor es absorbido por el planeta, resulta tan cambiado en su cualidad que los rayos emanados por el planeta no pueden volver con la misma libertad al espacio. Luego la atmósfera admite la entrada del calor solar pero selecciona su salida, y el resultado es una tendencia a acumular calor en la superficie de la Tierra».

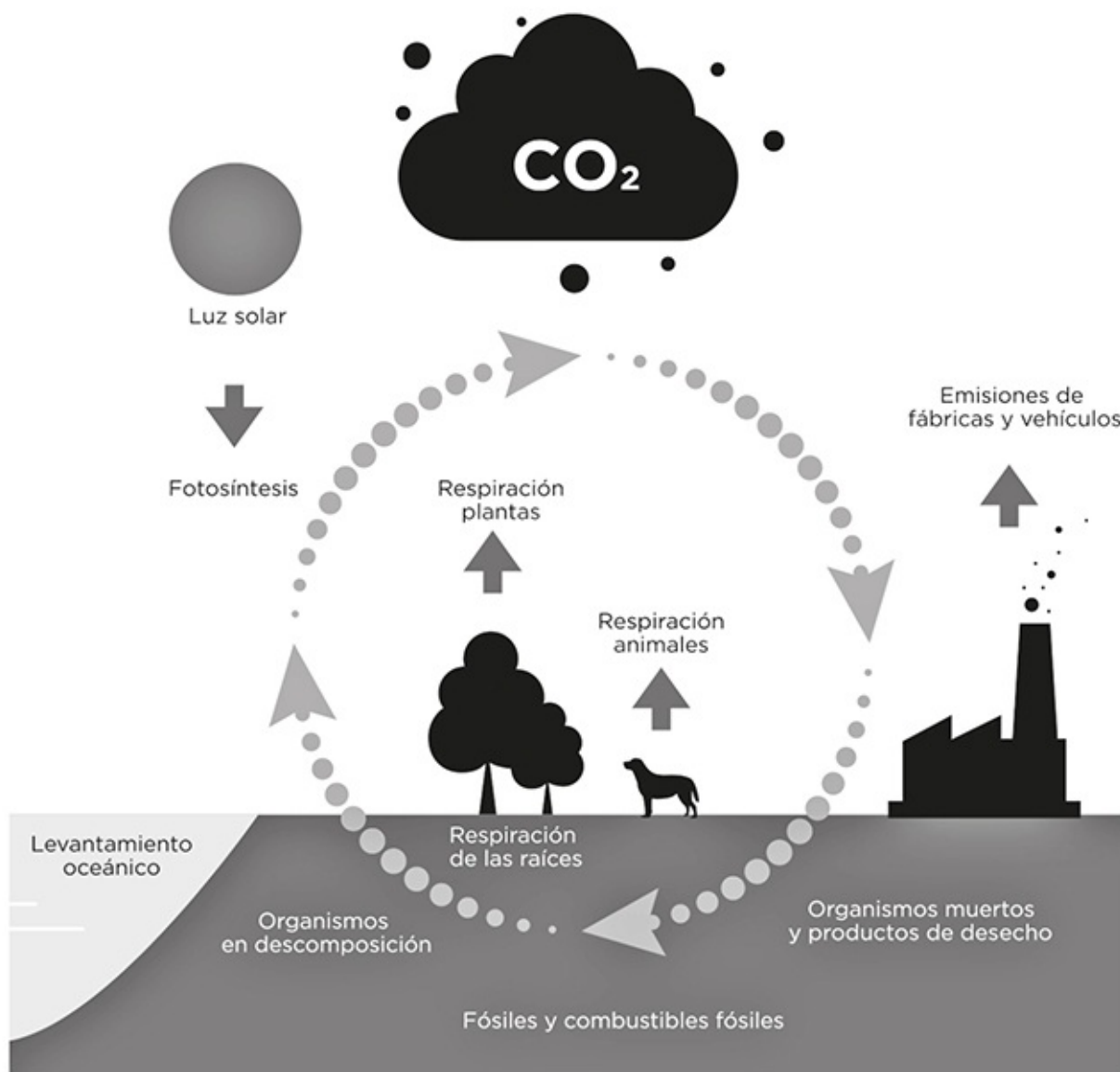
Antes de la era industrial, cuando la máquina de vapor perfeccionada por Watts en 1750 aún no había empezado a revolucionar la sociedad y la economía, la concentración de CO₂ en la atmósfera era de unas 280 ppm; en el año 2000 alcanzaba 370 ppm, y en el 2015 las mencionadas 400 ppm. Cuanto mayor es la presencia de CO₂, mayor es el efecto radiativo y mayor la temperatura. Ese efecto, también llamado *forzamiento radiativo*, es cuantificable y se puede medir en vatios por metro cuadrado. Veamos ahora cómo sabemos que el hombre está detrás del aumento del CO₂ y en qué cuantía, para poder acabar obteniendo la cifra que pueda indicarnos con exactitud la influencia de la actividad humana en el actual cambio climático.

El hombre y el CO₂

La emisión y concentración de CO₂ ha estado presente en la atmósfera, como hemos visto, desde antes de que el hombre estuviera sobre la faz de la Tierra. Pero siempre han sido causas naturales las que se encontraban detrás de los incrementos y disminuciones de este gas. De hecho, actualmente también hay emisiones naturales de CO₂ en la naturaleza, tanto por parte de los océanos como de la vegetación, y son muy superiores a las de la actividad humana. Pero aquellas se compensan con absorciones naturales de los propios océanos y la biomasa vegetal. Incluso de todas las emisiones actuales una gran parte también es absorbida por los sumideros naturales: el resto, el sobrante, es lo que año tras año va incrementando la presencia de CO₂ en nuestro planeta.

La alteración del balance energético atribuible al hombre responde a varias causas. La principal es la quema de combustibles fósiles, que devuelve a la

atmósfera en pocas decenas de años un carbono que llevaba atrapado miles de millones de años, modificando de esta manera su ciclo natural.



Agentes que intervienen en el ciclo del carbono.

Varios métodos permiten a los científicos relacionar el CO_2 presente en la atmósfera con la quema de combustibles fósiles y no otra fuente natural de emisiones. Por un lado, toda combustión consume oxígeno y, en paralelo al incremento del CO_2 , se ha detectado una disminución equivalente de los niveles de oxígeno. Además, los combustibles fósiles carecen de uno de los isótopos del carbono, el carbono-14, y el CO_2 presente en la atmósfera tampoco lo tiene.

Más allá de la cantidad, es el ritmo acelerado al que esta ha ido aumentando lo que no se había dado en la Tierra antes de la presencia de humanos industrializados quemando combustibles fósiles. En condiciones normales, para un aumento de 100 ppm se habrían necesitado unos 10.000 años. En esta ocasión, lo hemos logrado en tan solo 120.

No todo es CO₂

El aumento de CO₂ a través de la quema de petróleo, gas o carbón y de otras actividades como la fabricación de cemento es el mayor responsable del calentamiento: se le atribuye actualmente el 65 % del forzamiento radiativo. Pero ya sabemos que el dióxido de carbono no es el único gas responsable del efecto invernadero, y en el resto de los GEI se ha notado un incremento directamente relacionable con la actividad humana. También tienen su parte de responsabilidad el metano, el óxido nitroso y otros gases minoritarios que, al aumentar su cantidad fruto de la actividad humana, también aumentan su participación en el calentamiento global.

El metano o CH₄ es un potente gas de efecto invernadero; de hecho, su capacidad de retención de calor en la atmósfera es bastante superior a la del CO₂, lo que ocurre es que hay menos cantidad. Pero en los últimos 120 años los humanos hemos contribuido también a que esta aumente, por medio sobre todo de la agricultura y la ganadería. Los microbios que viven en condiciones anaeróbicas degradando materia orgánica son los responsables de producir metano. Y eso ocurre de manera natural en el fondo de marismas y lodazales, pero también en los estercoleros, en los arrozales... y en los estómagos de los rumiantes. Así, las inmensas extensiones encharcadas para cultivar arroz son a su vez grandes productoras de metano; en los vertederos, cada vez más grandes por la cada vez mayor capacidad humana de producir desechos, se genera también más metano, y el incremento de la cabaña de ganado vacuno, a través de sus digestiones y defecaciones, es también una fuente en aumento de emisiones de este gas: entre el 5 % y el 10 % del alimento de una vaca acaba convirtiéndose en metano. Y cada vez hay más vacas, para alimentar a un número cada vez mayor de personas. Se calcula que desde tiempos preindustriales el metano presente en la atmósfera ha podido aumentar un 250

%, y la OMM considera a este gas responsable del 17 % del forzamiento radiativo en 2015.

El desarrollo agrícola también está detrás del aumento de otro gas de efecto invernadero, el N_2O u óxido nitroso. Aunque sobre todo procede de fuentes naturales, en un 60 %, también la mano del hombre está detrás del otro 40 % a través de la quema de biomasa o por efecto de los fertilizantes usados en tareas agrícolas. El 6 % del forzamiento radiativo recae sobre este gas, y actualmente hay un 121 % más de óxido nitroso en la atmósfera que antes de la Revolución industrial.

Y, además, hay compuestos químicos inventados en el siglo xx que antes, al no existir, no interferían en el balance energético. Ahora sí, aunque su influencia ha ido variando en estos últimos años. Antes eran muy habituales los halocarburos o CFC, como los de los esprays o los antiguos sistemas de refrigeración, pero su uso fue decayendo en los años 90 tras comprobarse que dañaban la capa de ozono. Algunos fueron sustituidos por los HFC, los hidrofluorocarbonos, presentes también en los frigoríficos, los extintores o muchos disolventes y pesticidas. Estos compuestos fluorados también producen un leve forzamiento radiativo, ya que a pesar de que su presencia en la atmósfera es minoritaria su potencial de calentamiento es miles de veces superior al del CO_2 .

No todo son gases

Hay otras formas en las que el hombre influye en el clima. Algunas de las más importantes son la deforestación y el cambio de uso de los suelos, que actúan en un doble sentido: aportando más calentamiento (lo que llamamos forzamiento positivo), pero también restándolo (forzamiento negativo), dualidad presente también en la quema de los combustibles fósiles. Sepamos por qué y llegaremos, al sumar unos y restar otros, a la cifra final que buscamos: la magnitud de la actividad humana en el forzamiento radiativo del clima.

La mitad de todo el carbono orgánico de la Tierra está en los bosques: un bosque que se tala o un bosque que se quema supone devolver a la atmósfera, en forma de CO_2 , el carbono que previamente había sido captado en la fotosíntesis. Así que si después no se regenera esa cubierta vegetal, la concentración del gas aumenta. Gran parte de este incremento proviene de los grandes incendios de la selva y el bosque tropical, resultado en muchos casos de la búsqueda de la

extensión de la superficie agrícola y ganadera, y en otros del interés en fertilizar el suelo con las cenizas. La tala masiva en el Amazonas, África o el sureste asiático también es fuente directa de mayor concentración de CO₂ o forzamiento positivo.

Pero el cambio de uso del suelo también tiene un forzamiento de efecto contrario: los campos de plantación o los erosionados tienen un albedo mayor que los bosques, es decir, reflejan mayor cantidad de luz solar, contribuyendo en este caso al enfriamiento o forzamiento negativo.

Para complicar un poco más la ecuación, en los incendios y en la quema de combustibles fósiles también podemos encontrar otro forzamiento negativo, es decir, otro factor que resta calentamiento en lugar de aumentarlo. Se trata de los aerosoles. Llamamos así a esas partículas minúsculas presentes en el aire que proceden de los tubos de escape de los coches, las chimeneas de las fábricas o la quema de los bosques, selvas y sabanas. También son aerosoles las cenizas en polvo que quedan suspendidas en el aire tras las erupciones volcánicas. Pero aquí nos interesan aquellos en los que el hombre tiene influencia, los llamados aerosoles antrópicos.

Entre estos se encuentran los aerosoles sulfatados, como por ejemplo el dióxido de azufre que emiten los grandes barcos mercantiles, que puede llegar a crear nubes amarillentas capaces de reflejar la luz solar. Tendrían por tanto como resultado una disminución de la insolación en las superficies contaminadas. Además, por otro lado, la mayor presencia de partículas minúsculas en el aire aumentaría la probabilidad de que alrededor de ellas se pudiese condensar el vapor de agua para originar nubes. Y con mayor nubosidad, aumentaría también el albedo terrestre: más calor que se escapa, menos calor que se queda.

Sin embargo, la cosa no está tan clara como parece, y hay otros muchos elementos y relaciones entre ellos que impiden hacernos pensar algo así como que «la contaminación contribuye a luchar contra el calentamiento global». Fruto de la contaminación, por ejemplo, se origina también otro aerosol antrópico cuyo resultado es el contrario: disminuir el albedo, y contribuir por tanto al calentamiento. Se trata del hollín, llamado también carbonilla o carbono negro. Este aerosol antrópico procede tanto de los incendios como de la combustión deficiente del petróleo, el carbón o la leña. En algunas partes del mundo desarrollado se han prohibido las estufas o calderas que pueden generar hollín, y también se ha mejorado la combustión de los motores diésel, pero en regiones menos desarrolladas es habitual que las nubes de carbonilla invadan el aire durante días o semanas, formando una especie de calima que se observa

incluso desde los satélites en regiones de China o de la India. Pero el carbono negro no se queda ahí y suele viajar en el viento hasta los polos, donde se deposita sobre el hielo del Ártico o en los grandes glaciares. Allí, debido a su color oscuro, el hollín atrapa mejor el calor y acelera la fusión del hielo sobre el que se deposita. Pero más allá de las sumas o restas en el albedo y de su mayor o menor contribución al calentamiento global, la contaminación supone por sí misma uno de los principales problemas al que nos enfrentamos en el futuro más inmediato, y sobre él volveremos a hablar un poco más adelante.

La influencia del hombre

Hemos visto la importancia del CO₂ en el balance energético de nuestro planeta. También hemos comprobado que en el incremento tanto de CO₂ como del resto de gases de efecto invernadero la actividad humana tiene una gran responsabilidad. Como hemos apuntado, sus consecuencias pueden ir en dos direcciones. La primera, reforzando la cantidad de radiación extra que recibe el sistema climático, y por tanto aumentando las temperaturas, que es lo que conocemos como forzamiento positivo (porque va a favor de la tendencia). Y la otra dirección sería el llamado forzamiento negativo: actividades que conducen a rebajar esa radiación y, por lo tanto, a disminuir el calentamiento. Las dos se pueden cuantificar en vatios por metro cuadrado (w/m²), y la diferencia entre ambas nos dará la magnitud real de la influencia del hombre en el sistema climático. ¿Cuál de las dos tiene más peso en el balance final?

Los últimos datos son de 2014, del último informe emitido hasta la fecha por el IPCC. La mayoría de los científicos está de acuerdo en afirmar que el forzamiento positivo provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero atribuibles al hombre es de 4,3 w/m². Por otro lado, los cambios en el albedo provocados por aerosoles o por el cambio de uso de los suelos constituyen un forzamiento negativo de 2 w/m². Restando esta última cantidad a la primera, nos queda una cifra de 2,3 w/m²: ese es el forzamiento radiativo de origen humano actual. Con esta cifra es con la que el hombre ha entrado a jugar en la partida del cambio climático. Traducido a grados centígrados, los científicos calculan que en el periodo que va desde 1880 hasta 2012 se ha producido un incremento de 0,8 °C, y que, de seguir este ritmo, antes de que acabe el siglo XXI, como poco, se llegará hasta los 2 °C.

¿Y todo es culpa del hombre?

Para el IPCC sí, ya que relega las causas naturales o la variabilidad interna natural del clima a un papel secundario, casi de reparto, con muy poco peso en el calentamiento observado. Las causas naturales apenas tendrían la responsabilidad de, como mucho, un aumento de 0,05 °C desde 1951 hasta 2010, mientras que los gases de efecto invernadero podrían estar detrás de un incremento de un grado o más. En términos de forzamiento radiativo, el aumento de la actividad del Sol, por ejemplo, sería responsable de un cambio de +0,05 w/m², bastante inferior al +2,3 w/m² atribuible a las actividades humanas.

Sin embargo, como hemos visto en las dos primeras partes de este libro —sobre todo en la primera—, el clima también ha cambiado y mucho en el pasado. Esos cambios se debieron exclusivamente a causas naturales, entre las que destacan las erupciones volcánicas y la variabilidad de la actividad solar, como también hemos ido viendo. Este es el principal argumento del que parte el escepticismo sobre la responsabilidad del hombre en el actual cambio climático: el clima también ha cambiado antes, y mucho más, sin que hubiera emisiones de CO₂ de origen antrópico. Pero ahora, argumenta el IPCC, son esas emisiones las que más pesan en el actual calentamiento. El Sol estuvo detrás de las grandes glaciaciones del Cuaternario a través de los cambios en su órbita o la inclinación de su eje (recordemos los ciclos Milankovic), o pudo ser uno de los grandes responsables de la Pequeña Edad de Hielo a causa de una menor actividad energética por la ausencia en su superficie de manchas solares (mínimo de Maunder). Sin embargo, a partir de ese mínimo los ciclos solares de once años que se han venido repitiendo no han sido tan determinantes, y se piensa «con un nivel de confianza alto» que así seguirá ocurriendo durante los ciclos futuros. Los científicos calculan que pueden suponer una variación de 0,1 °C entre los momentos de mayor y menor radiación. Eso podría explicar el calentamiento del clima en las primeras décadas del siglo xx, admite el IPCC, pero no puede justificar el calentamiento observado a partir de 1980.

Otra crítica proviene directamente del cuestionamiento de la obtención de datos, negando así la raíz del problema: no es que la culpa sea o no del hombre, es que directamente la Tierra no se está calentando. Para ello se cuestionan los registros de temperatura en superficie: las estaciones no son tantas y están mal repartidas a lo largo del planeta, concentrándose sobre todo en el hemisferio norte y muchas de ellas en ciudades, donde los datos son alterados por el efecto de «isla de calor» que se da en las grandes urbes. Los defensores del

calentamiento global argumentan por su parte que ese efecto es conocido y corregido por las temperaturas promediadas teniendo en cuenta zonas urbanas y rurales, y también que disponen de otros tipos de medición, además de los termómetros de las garitas meteorológicas, como los radiosondeos verticales de la atmósfera con globos sonda o las mediciones de temperatura en la baja atmósfera terrestre desde los satélites a partir de 1976.

Los argumentos hay que sostenerlos, y cada uno lo hace con los suyos. Para una persona corriente leer los trabajos especializados es una tarea a priori un poco ardua y, sin la preparación suficiente, incluso inútil. El último informe del IPCC, por ejemplo, consta de cuatro tomos. Solo el llamado «informe de síntesis» son 171 páginas repletas de análisis técnicos, aunque también apoyados por gráficas ilustrativas que facilitan la comprensión. Pero no es sencillo y, sobre todo, no todo el mundo tiene disponible el tiempo necesario. Por eso, lo que debería ser un asunto de ciencia se ha trasladado al terreno de la fe: o te lo crees o no te lo crees. Toda una contradicción. Para evitarlo, los defensores del cambio climático esgrimen a su favor la mayor cantidad de apoyo y de consenso de que gozan sus tesis. La Academia Europea de las Ciencias y las Artes registró una declaración formal titulada *Seamos honestos* en la que decía: «la actividad humana es muy posiblemente responsable del calentamiento climático». Para la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS), «la evidencia científica es clara: el cambio climático mundial causado por actividades humanas está ocurriendo ahora». La AMS, American Meteorological Society, tradicionalmente más prudente, también se ha sumado a este clamor: «en la actualidad existe evidencia clara de que la temperatura de la Tierra se ha incrementado en los últimos doscientos años. [...] Las actividades humanas se han convertido en una fuente importante de cambios ambientales». Para los australianos, en un país más sensible al calentamiento global, no existen dudas: «el cambio climático mundial y el calentamiento global son reales y observables», dice la Australian Meteorological and Oceanographic Society.

Pero más allá de los apoyos, las opiniones y los informes siempre están los hechos. Ya ha pasado el tiempo suficiente desde que la Tierra empezó a calentarse como para que el ascenso de las temperaturas haya tenido algunos resultados que podamos constatar. En el siguiente capítulo nos dedicaremos a repasar lo que ha ocurrido hasta ahora y lo que prevén los científicos que puede suceder si seguimos transitando por este camino.

23

CONSECUENCIAS: EL CALOR QUE TENEMOS

Se vuelve a producir vino en el sur de Inglaterra. Si has leído este libro, sabrás que eso ya ocurrió en el Óptimo Climático Romano y en el Periodo Cálido Medieval, cuando la Tierra tenía una temperatura media por encima de la que conocimos en el siglo xx. En la práctica ese es uno de los indicadores de que las temperaturas, como los tiempos, que decía Dylan, están cambiando. Pero no es el único. Desde 1950 se ha observado que el número de noches frías ha disminuido mientras el de días cálidos ha ido aumentando, que las olas de calor son más habituales en algunas zonas del mundo o que los episodios de lluvias torrenciales se dan también con mayor frecuencia o intensidad. En los dos primeros cambios observados, la contribución humana ha sido probable o muy probable; en el tercero, más probable que improbable. Así se expresan las evaluaciones de los científicos en los informes del IPCC: en distintos grados de probabilidad. Merece la pena detenerse un momento en ellas.

Más probable que improbable

Ni siquiera los meteorólogos, climatólogos y el resto de científicos que miran al futuro tienen una bola mágica donde asomarse. Tampoco estudian los posos del té ni las vísceras de algún animal sacrificado en el templo. De estas maneras de pronosticar el porvenir se extraían en tiempos arcaicos conclusiones tajantes y cerradas del tipo: el año que viene no lloverá, la cosecha este año será abundante, la humanidad desaparecerá en veinte años. El método científico, en lo que a proyecciones futuras se refiere, diseña distintos escenarios que podrían

sucedan en función de lo que ocurra o deje de ocurrir durante el camino: la probabilidad. Por eso en cada previsión del futuro hay un margen de incertidumbre inherente, y lo más común es expresarla en un término cuantificable que incluya tanto la certidumbre como la incertidumbre. Cuanto más nos acerquemos a la primera, mayor será la cifra del porcentaje que indica la viabilidad de la hipótesis. Así, cuando los científicos dicen en sus informes que algo es «prácticamente seguro» están hablando de una probabilidad del 99 % o el 100 %; cuando dicen que es «sumamente probable» se refieren a una del 95 % al 100 %; «muy probable» entre el 90 % y el 100 %; «probable» del 66 % al 100 %; y «más probable que improbable» es una posibilidad que va del 50 % al 100 %, donde la certidumbre supera a la incertidumbre ligeramente, pero el margen de la segunda es casi tan amplio como el de la primera.

Pues bien, desde 1950 hasta ahora es muy probable que hayamos tenido cada vez menos días y noches frías en la mayoría de las zonas continentales, sustituidos por un mayor número de días y noches calurosas, y es muy probable que la influencia humana en el clima haya sido la responsable. Además, es prácticamente seguro que eso vaya a seguir ocurriendo a finales del siglo XXI.

Respecto a las olas de calor, es probable que se hayan dado con mayor frecuencia e intensidad en Europa, Asia y Australia desde 1950, y es igualmente probable que el hombre haya contribuido a ello, del mismo modo que es muy factible que ocurra también a finales del siglo XXI. También es probable que haya más zonas continentales donde, desde 1950, los episodios de precipitaciones intensas se hayan dado con mayor frecuencia, y más probable que improbable que el hombre haya tenido algo que ver. En el caso de las sequías, es probable que hayan sido de mayor duración e intensidad desde 1970, aunque la contribución humana es solo más probable que improbable. Y respecto a los huracanes, es prácticamente seguro que en el Atlántico norte tienen mayor intensidad desde 1970, aunque en este caso hay un bajo nivel de confianza en que la actividad humana haya tenido una contribución esencial.

Estas estimaciones son un resumen de la evaluación que hace el IPCC en su quinto informe de 2014 sobre los fenómenos meteorológicos y climatológicos extremos observados y su relación con el cambio climático. Pero la Organización Meteorológica Mundial también publica periódicamente análisis de estos fenómenos —uno cada cinco años— y evalúa si se pueden atribuir al calentamiento global o son fruto del devenir habitual del clima.

Así, en el último disponible, *Estado del clima mundial de 2011 a 2015*, se afirma que «la huella de los seres humanos es cada vez más visible» en el que ha

sido el quinquenio más cálido jamás registrado. Durante esos cinco años, dice la OMM, los episodios meteorológicos extremos relacionados con altas temperaturas se multiplicaron por diez. Entre ellos están las temperaturas máximas sin precedentes que Estados Unidos registró en 2012 y Australia en 2013, la ola de calor de Argentina en diciembre de 2013, las de primavera y otoño de Australia en 2014, los veranos cálidos en Asia oriental y Europa occidental en 2013 y las elevadas temperaturas medias anuales sin precedentes registradas en Europa en 2014.

En el caso de las temperaturas elevadas, la OMM habla de «señales directas» que relacionan con claridad estos episodios con el cambio climático y, por tanto, con la influencia humana detrás de él. Hay otros fenómenos en los que, a juicio de la OMM, la relación no es tan directa pero también existe, como en las lluvias torrenciales que azotaron Reino Unido en diciembre de 2015, que se determinó que hubo un 40 % más de riesgo de que se produjeran a causa del cambio climático.

Pero también hubo otras situaciones o fenómenos extremos que tuvieron lugar en esos cinco años en los que el calentamiento global no tuvo nada que ver, o que se habrían producido igualmente sin la influencia humana. Es el caso del invierno sumamente húmedo que sufrió el Reino Unido entre 2013 y 2014, las inundaciones en el sureste de Asia en 2011 o las lluvias extremas de Australia en ese año y el siguiente, que estuvieron influidas por La Niña, fenómeno que entra dentro de la variabilidad natural del clima.

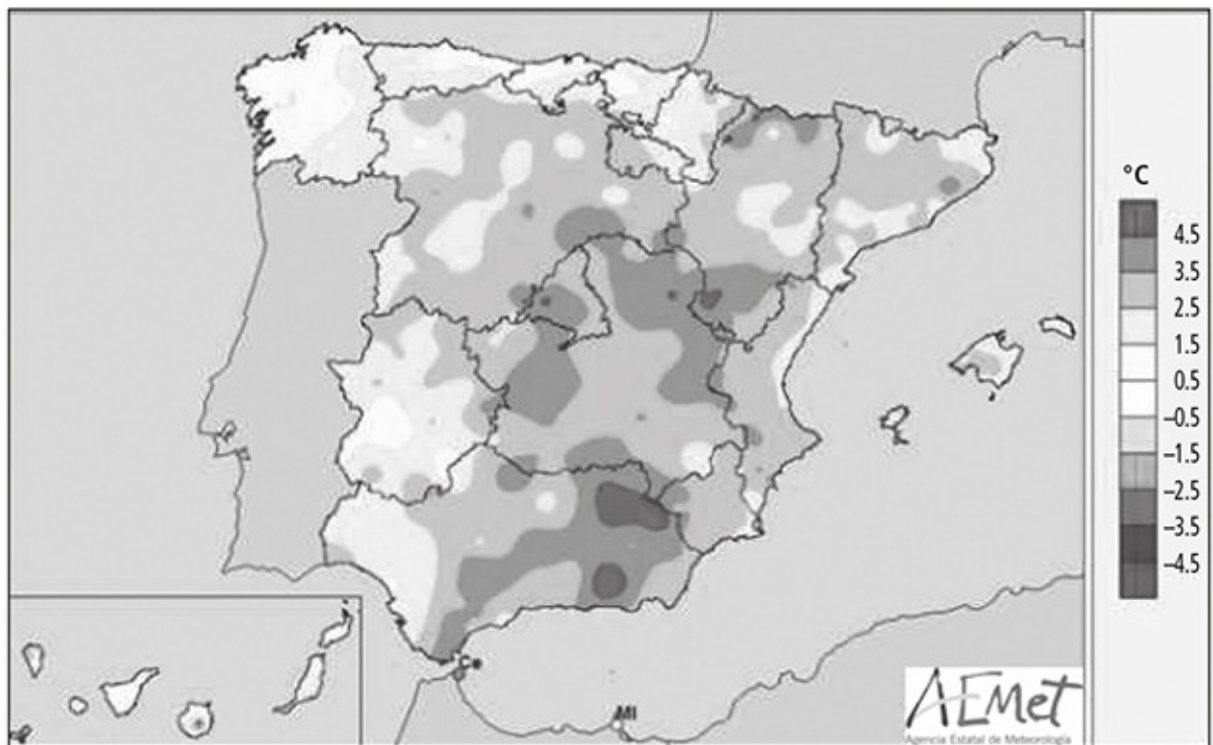
En España, la sequía de los años 2011 y 2012 pudo estar influida indirectamente por el cambio climático de origen antrópico, según la OMM. Y, en el caso de la ola de calor de julio de 2015, el cambio climático provocado por el hombre aumentó directamente el riesgo de que se produjera. Y fue la mayor que ha vivido nuestro país en los últimos cuarenta años.

Calor en España

Desde 1975 España ha registrado un total de 84 olas de calor: 47 en la península, Baleares, Ceuta y Melilla y 37 en Canarias, según los datos de la Agencia Estatal de Meteorología. La de 2015 fue más intensa y de mucha mayor duración que cualquiera de las 83 restantes, incluida la histórica del año 2003.

Desde el 27 de junio, apenas estrenada la estación, y hasta el 22 de julio, la mayor parte de España vivió bajo un calor sofocante, superior incluso al que ya

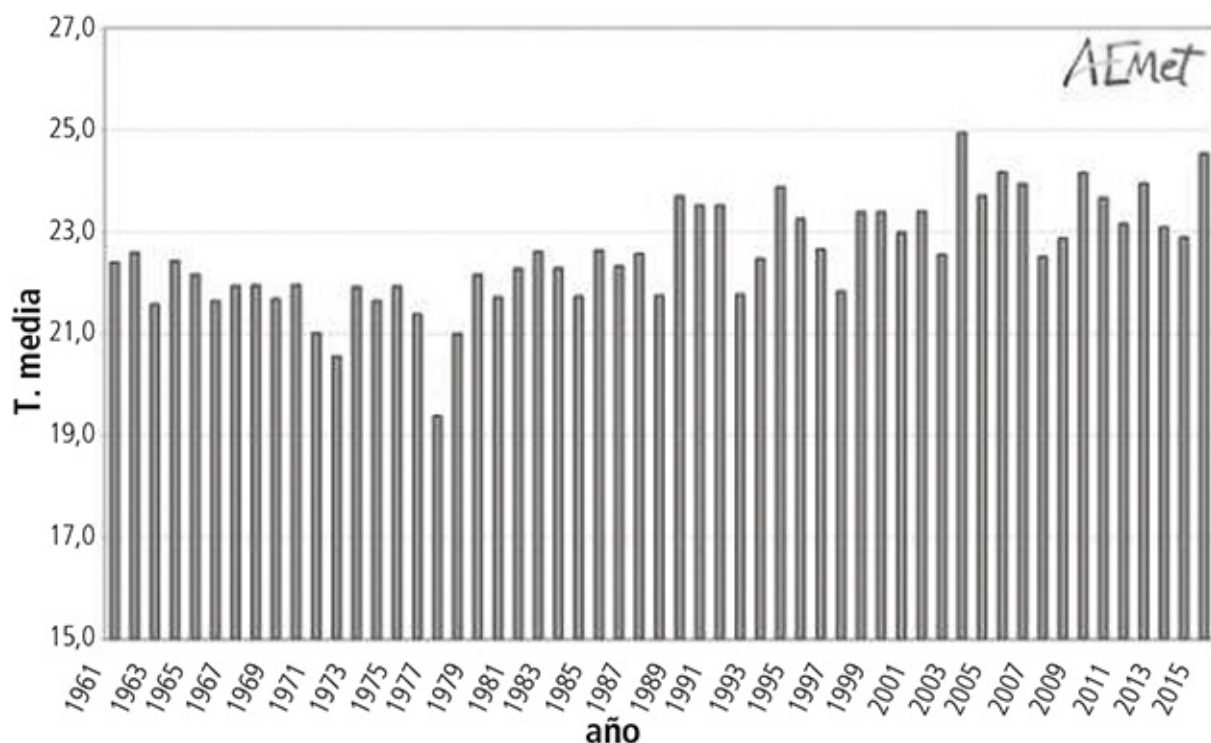
de por sí suele hacer en esas fechas en nuestro país. Veintiséis días de ola de calor tan solo aliviados en los días 2 y 11 de julio y en las comunidades de Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco, donde no se notó el exceso térmico. Treinta provincias tuvieron aviso por altas temperaturas el 15 de julio, día en el que los 40 °C se alcanzaron en la mayor parte del interior peninsular y se llegó hasta los 45,2 °C en Córdoba.



Anomalía de temperaturas en España en julio de 2015. La media en España, de 26,5 °C, fue superior en 2,5 °C al valor medio mensual. Fue el mes más caluroso registrado en España, por encima de los 26,2 °C de agosto de 2003. (Fuente: AEMET)

Diez días menos duró la segunda ola de calor más importante de los últimos cuarenta años: la de 2003, aunque en este caso el número de provincias afectadas fue mayor, 38, y mayor también la temperatura media del conjunto del verano, 24,9 °C, superando en cuatro décimas de grado al tórrido verano de 2015.

Nuestro clima es cálido en verano y son frecuentes las olas de calor intenso, pero no de tanta duración. La de agosto de 2012, por ejemplo, abarcó cuarenta provincias pero duró tan solo cuatro días. Que durante más de quince o veinte días se prolonguen temperaturas más altas incluso que las ya de por sí elevadas de nuestros veranos tiene relación directa, según las autoridades meteorológicas, con el cambio climático del que el hombre es responsable.



Como puede apreciarse, desde finales del siglo XX los veranos son frecuentemente más cálidos. Si bien el mes de julio más caluroso fue el de 2015, el récord de calor en España, para el conjunto de los tres meses del verano, lo ostenta 2003. (Fuente: AEMET)

Más consecuencias: atribución

Quizá lo que más nos llame la atención en el día a día son estos fenómenos meteorológicos extremos: olas de calor, lluvias torrenciales, huracanes, etc. Cuando se produce alguno, siempre cae la pregunta de algún amigo o incluso algún compañero periodista: «Y estas inundaciones, ¿son culpa del cambio climático?». La rapidez con la que el oficio periodístico demanda respuestas a veces no es compatible con el análisis necesario para que puedan tener una base científica coherente. El titular exige una contestación inmediata, para ese mismo día, y la evaluación científica suele tardar algunos meses más. Pasado este tiempo ya nadie se acuerda de aquellas inundaciones, o quizá sucedieron otras que desplazaron el interés de las anteriores, pero el informe climatológico siguió su curso y la respuesta, como hemos visto, existe.

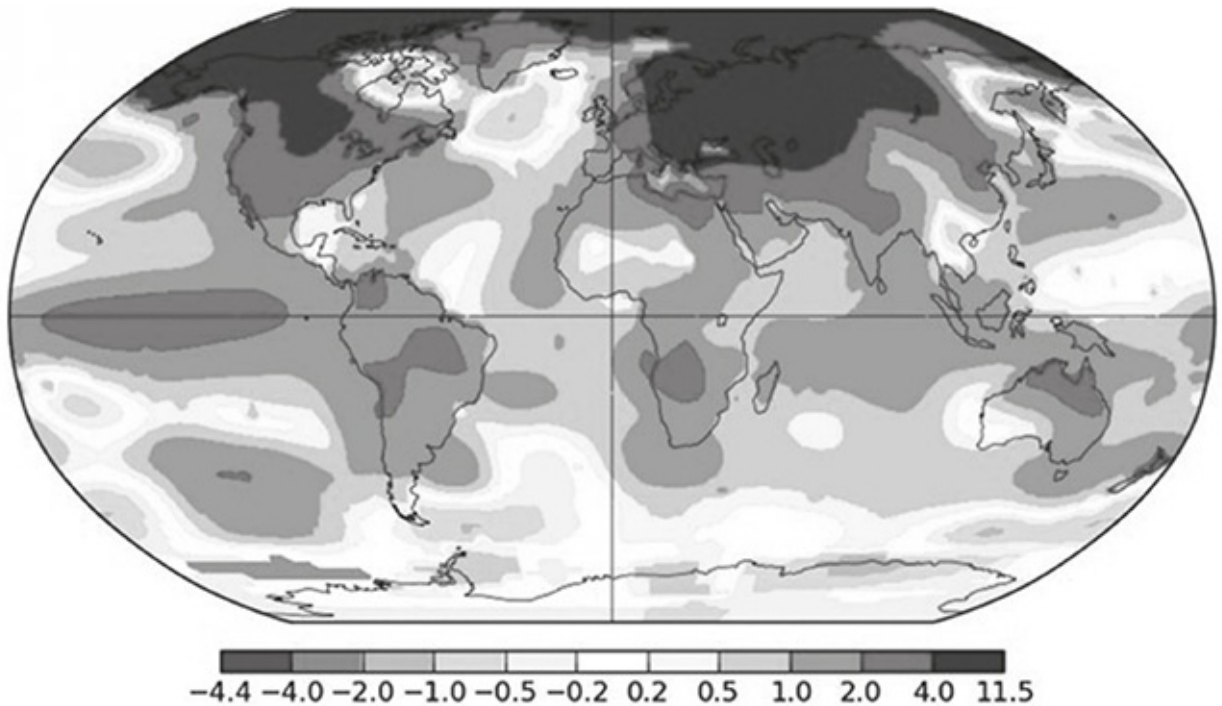
Pero quizá los efectos más obvios del calentamiento, que son el objeto de este capítulo, sean aquellos más generales y que implican no solo a un episodio meteorológico concreto sino también a los procesos que desencadena. Son lo que

se denomina «impactos observados atribuidos al cambio climático», y el IPCC se encarga de recabar aquellos acontecimientos de los que se dispone de alguna evidencia que permita dicha atribución.

La consecuencia más conocida del calentamiento global es la desaparición del hielo, tanto continental como marino. Es muy probable, dice el IPCC, que la influencia del hombre haya contribuido a la disminución de su volumen en el Ártico, detectada por primera vez en 1979, al retroceso de los glaciares a partir de la década de 1960 y a una mayor fusión del hielo en Groenlandia desde 1993.

La segunda es el ascenso del nivel del mar. Durante el siglo xx sus aguas subieron entre 1,5 y 2 mm al año, y en lo que llevamos de siglo xxi el ritmo ha aumentado hasta los 3 mm anuales. Los datos antiguos recopilados con sondeos en puertos de todo el mundo se han visto reforzados desde hace veinticinco años por las mediciones de los satélites, que llevan a bordo instrumentos cada vez más sofisticados para el análisis de la masa oceánica desde el espacio.

La tercera consecuencia diagnosticada corresponde a la modificación de las precipitaciones a escala planetaria. Aquí es donde nos encontramos una mayor diferencia entre las distintas regiones del mundo, pero, paradójicamente, donde quizá se haga más patente el calificativo de global que siempre acompaña al sustantivo calentamiento. Con una mayor temperatura se da una mayor evaporación en los océanos y, siguiendo el ciclo hidrológico, las precipitaciones son mayores. Por ello los últimos años son más húmedos a escala global, pero con grandes diferencias regionales: Oriente Medio, el sur de Australia o gran parte de nuestro Mediterráneo son zonas donde se han reducido significativamente las precipitaciones.



Anomalía global de temperaturas en el verano de 2015. En total, representa un 0,76 °C por encima de la media del periodo 1951-1980. (Fuente: NASA)

Estos cambios en el volumen y la distribución de las lluvias o el derretimiento de la nieve y el hielo están alterando los sistemas hidrológicos en algunas partes del mundo, lo que afecta a la cantidad y calidad del agua disponible en estas zonas, y con ello a quienes viven de ella. Muchas especies terrestres, de agua dulce o marinas han modificado sus áreas de distribución o sus pautas migratorias. Algunos arrecifes de aguas cálidas han cambiado las especies que los habitan como respuesta al calentamiento y la mayor acidificación sufrida. Otros han reducido la superficie coralina, o directamente han perdido el color: es la muerte de los corales. Hay también impactos positivos en los cultivos, como la vuelta de la viticultura al Reino Unido, pero, afirma el IPCC, son mayores los impactos negativos de un clima recalentado, como por ejemplo el descenso del rendimiento del trigo y el maíz en el total global del cultivo planetario. Y los impactos, en uno u otro sentido, se van propagando «en cascada» a partir del detonante climático original: el ascenso global de las temperaturas.

Todo lo que hemos contado ha sido lo que hasta ahora ha pasado, es decir, las consecuencias recientes del calentamiento. Veamos ahora cuáles pueden ser las del futuro si seguimos así. Dejamos el terreno de la observación y entramos en el de las predicciones. Y ahora es cuando yo podría escribir algo así como:

«agárrense». La tentación es poderosa, pero la eludo conscientemente. Dejemos esos tremendistas finales redondos que huelen a alarmismo para otros foros. En el siguiente capítulo no se trata de alarmar. Se trata tan solo de exponer lo que la mayoría de la comunidad científica cree que podría llegar a pasar si seguimos viviendo en un mundo cada vez más cálido. Luego, habiendo leído y juzgado, que cada uno se alarme o no según crea conveniente.

24

EL CALOR QUE VIENE

Lewis Fry Richardson fue un matemático inglés que vivió entre 1881 y 1953 y, entre otras muchas disciplinas, se interesó por la meteorología. Pensaba que, partiendo del conocimiento preciso de la atmósfera en un momento determinado y de las leyes que operan en ella, se podría pronosticar con exactitud el tiempo a través de cálculos y ecuaciones. Antes que él ya había formulado esta teoría el físico noruego Vilhelm Bjerknes (1862-1951), conocido como «el padre de la meteorología moderna», pero sería Richardson el primero en inventar un método matemático para ponerla en práctica. Y así lo hizo. Un día de mayo de 1910 recopiló todos los datos atmosféricos de una pequeña región francesa con el objetivo de pronosticar el tiempo a seis horas vista. Fracasó. No solo porque no hizo el tiempo que decía su pronóstico sino, sobre todo, porque tardó en hacerlo ¡seis semanas! Aunque lo hubiera clavado, de nada serviría un método que te dice qué día va hacer cuando hace ya mucho tiempo que ha pasado ese día. El propio Richardson, amante de los números, calculó después que serían necesarias 64.000 personas trabajando por turnos para que el resultado fuera satisfactorio: un estadio de fútbol lleno de gente haciendo cálculos para que fuera posible disponer del pronóstico meteorológico del día siguiente... antes de que este llegase. Él no lo logró, pero el tiempo le acabó dando la razón cuando se desarrollaron las computadoras que sirvieron para agilizar los cálculos. A Richardson y también a Bjerknes: hoy en día la predicción meteorológica se basa en modelos matemáticos que dibujan cómo evolucionará la atmósfera a partir de un momento concreto actual a través de complejos cálculos y ecuaciones desarrollados por ordenadores cada vez más potentes.

El tiempo y el clima no son la misma cosa, como ya sabemos. El primero es lo que tenemos hoy o mañana, las condiciones que recabamos de los observatorios

meteorológicos y que expresamos en los mapas con símbolos que sacamos en los programas informativos del tiempo o la información meteorológica. El clima, por su parte, es una especie de promedio a largo plazo de esas condiciones: el tiempo que suele darse durante un largo periodo acaba conformando el clima de un lugar. Cuando tienen que suspender un partido de fútbol porque el fuerte viento ha desprendido parte del techo de un estadio en Galicia, no se suspende por causas climatológicas: en el clima de Galicia es normal que sople el viento. Lo que ocurre es que, puntualmente, ha sido un viento muy fuerte, y por tanto la causa de la suspensión es del tiempo que ha hecho, no del clima, y lo que correcto es decir que se suspende «por causas meteorológicas».

Más allá de esta anécdota del lenguaje periodístico —por otra parte bastante representativa—, la mezcla de tiempo y clima puede dar lugar a otras confusiones, como la de creer que si ya es difícil pronosticar el tiempo para el día siguiente, mucho más lo será, por no decir imposible, «acertar» con el de dentro de cien años. Pero la respuesta es sencilla: cuando hablamos del pronóstico para después de cien años no estamos hablando del tiempo sino del clima, y para simular el desarrollo futuro de uno y otro se usan diferentes modelos matemáticos.

Los modelos más complejos usados para representar el clima en un tiempo futuro son los llamados modelos de circulación general o GCM en sus siglas en inglés (*General Circulation Model*). Son representaciones matemáticas del sistema climático que simulan numerosos aspectos, como la temperatura de la atmósfera y los océanos, las precipitaciones, los vientos, las nubes, las corrientes oceánicas y la extensión del hielo marino. Hay modelos más sencillos y otros más complejos que incluyen también figuraciones del sistema global donde se simula incluso la evolución del ciclo del carbono.

Decir que son más complejos es lo mismo que decir que necesitan ordenadores más potentes, capaces de desarrollar un mayor número de cálculos en el menor tiempo posible. Porque hay dos aspectos en los que sí coinciden los modelos matemáticos meteorológicos y los climáticos. Uno es que serán eficaces siempre que den el resultado sobre una situación antes de que esta haya tenido lugar, y eso obliga a realizar simplificaciones en el modelo para poder «adelantar» en el tiempo al sistema climático real. La otra es que ambos necesitan ser alimentados con datos concretos de las condiciones iniciales a partir de las cuales hacer las proyecciones. En el caso de los modelos meteorológicos que usamos para la predicción del tiempo para tres días o una semana, los obtenemos de la observación de la temperatura, viento, presión,

humedad y tantos otros factores de un momento determinado a través de estaciones meteorológicas, boyas, radiosondeos, satélites, etc. Pero cuando estamos hablando del clima, y por tanto de un pronóstico no para dentro de una semana sino más bien de cien años, también hay que tener en cuenta las distintas condiciones que pueden llegar a darse dentro de cincuenta y que irán modificando el desarrollo de los pronósticos para los otros cincuenta restantes. Así, los futuros escenarios hipotéticos se multiplican, al ser cada vez más numerosas las opciones. Para poder trabajar con situaciones similares y que sus conclusiones puedan ser comparables, los informes del IPCC trabajan con los llamados RCP, o *Representative Concentration Pathways*. Estas «trayectorias de concentración representativas» han sustituido a los antiguos «escenarios de emisiones» que aparecían en los informes del IPCC como pronósticos del clima futuro. En el quinto y último informe, si queremos saber cómo podría ser el clima en el futuro tenemos que conocer las distintas RCP o trayectorias que cabría esperar que llegaran a darse en el próximo siglo.

Las trayectorias

El IPCC ha agrupado los distintos recorridos que podría tener el clima a lo largo de un periodo tan largo de tiempo en cuatro posibles trayectorias o RCP. La más optimista, por proyectar un calentamiento menor, sería la RCP2.6, y la que pronostica un mayor calentamiento para finales del siglo XXI sería la RCP8.5. Entre medias tendríamos la RCP4.5 y la RCP6.0.

Cada una viene definida por la posible evolución del forzamiento radiativo a lo largo del siglo XXI respecto al valor preindustrial: esa es la cifra que acompaña a las siglas y que da nombre a cada una de las cuatro trayectorias. No se trata pues del dato del incremento de la temperatura, aunque, como ya sabemos desde el capítulo anterior, forzamiento y temperatura tienen una íntima relación. Veamos pues cuáles son los pronósticos de cada una de estas alternativas para lo que nos queda de siglo, y podremos hacernos una idea de lo que nos espera según la mayoría de los científicos.

La primera de las trayectorias, la RCP2.6, prevé un leve incremento del forzamiento radiativo de origen humano hasta los 3 w/m² a mediados de siglo para luego ir bajando y acabar el siglo XXI con un forzamiento antropogénico de 2,6 w/m². Sin embargo, en 2011, como vimos en el capítulo previo, el forzamiento radiativo atribuible al hombre era ya de 2,3 w/m². Si el clima sigue

esta trayectoria, las temperaturas a finales del siglo XXI estarían en torno a un grado por encima de las del periodo que va de 1986 a 2005. Estos años, que nos resultan más cercanos, nos sirven mejor para hacernos una idea, pero hay que tener en cuenta que entonces ya estaba algo sobrecalentado el clima. Si hacemos la comparación con el periodo de 1850 a 1900, la temperatura media a finales del siglo XXI en el planeta estaría más de 1,5 °C por encima. Para cumplirse esta trayectoria, las emisiones de gases de efecto invernadero deberían reducirse drásticamente desde ya mismo. Y este es el escenario más optimista.

Las dos trayectorias siguientes contemplan una evolución en la que a partir de ahora se estabilizarían las emisiones con el objetivo futuro de ir reduciéndolas paulatinamente. De la velocidad de ese control y la consiguiente reducción dependerá si transitamos por la RCP4.5, que prevé un forzamiento de 4,5 w/m² y un incremento de la temperatura media de 1,8 °C a finales de siglo, o bien por la RCP6.0, con un forzamiento radiativo de 6w/m², como su propio nombre indica, y un aumento de la temperatura de 2,2 °C con respecto a la que tenía la Tierra entre 1985 y 2005.

A mediados de este siglo ya podríamos haber alcanzado esta temperatura de 2 °C por encima según la trayectoria más pesimista: la RCP8.5. Si no se toman medidas encaminadas a reducir o controlar las emisiones de gases de efecto invernadero de inmediato, llegaremos a las últimas décadas del siglo XXI, entre los años del 2081 al 2100, con una temperatura media de +3,7 °C respecto a las del periodo de 1985 a 2005, con un rango posible de entre +2,6 °C y +4,8 °C. No solo varía la probabilidad, sino también la distribución geográfica de este incremento. En algunas zonas del planeta subirían más y en otras menos, y de ahí resultaría la cifra de temperatura media de +3,7 °C. En el caso de la península ibérica estaríamos por encima de ella, superando los 4 °C de incremento térmico. Y mucho más por encima estaría el Círculo Ártico, con un aumento que puede superar los 10 °C a finales de este siglo, según coinciden el 90 % de los 39 modelos matemáticos de precisión usados para este pronóstico.

Las consecuencias

Pero lo peor es que no hace falta llegar a este extremo para tener a lo largo del presente siglo un clima distinto al que hemos conocido hasta ahora. O mejor dicho, los escenarios que se dibujan vendrían a ser tan solo una agudización de los cambios que últimamente hemos venido conociendo.

Advierte el IPCC de que cualquiera de estas trayectorias cambiará los patrones estacionales de lluvias, variará el ciclo del agua e intensificará los episodios de precipitaciones extremas, sobre todo en las latitudes medias y las regiones tropicales húmedas. Los días extremadamente cálidos serán más frecuentes, y también las olas de calor, más largas y duraderas, por mucho que se produzcan algunas olas de frío extremo en invierno de manera ocasional. Pero el manto de nieve al final del invierno ya no ocupará tanta extensión como hasta ahora. Tendremos un 7 % menos a finales del siglo XXI, según la trayectoria más optimista, y hasta un 25 % menos de manto nivoso en primavera, según la trayectoria RCP8.5.

Los océanos seguirán aumentando su temperatura durante todo el siglo, con un calentamiento más acusado de las aguas superficiales en las regiones tropicales y subtropicales del hemisferio norte y de las aguas profundas en el océano Austral. Estos cambios incidirán a su vez en la circulación oceánica, que distribuye el calor por el planeta, causando nuevas variaciones en el patrón de las precipitaciones. Además, un océano más caliente supondrá que el agua ocupará más sitio: la expansión térmica del agua es la mayor responsable del incremento del nivel del mar, por encima de la cantidad que pueda llegar de la fusión de los glaciares de montaña o del manto de hielo de Groenlandia. Estos, por otra parte, también continuarán acelerando su ritmo de deshielo a lo largo del siglo XXI. Debido al calentamiento de las aguas y la fusión de los hielos continentales, el nivel del mar seguirá incrementándose, con una tasa de elevación mayor que los dos milímetros por año observados entre 1971 y 2010, que supuso una subida del nivel del mar de entre 15 y 20 centímetros. Sin embargo, no está tan claro cómo va a afectar la elevación de las aguas a finales de siglo, y en cualquier caso el resultado será muy diferente según las distintas regiones mundiales. Es muy probable, dice el IPCC, que en el 95 % de las zonas ocupadas por los océanos aumente el nivel del mar a finales del siglo XXI. Un incremento de este tipo, además de incidir directamente en comunidades más sensibles como los países de las islas del Pacífico, repercute también en el resto de las zonas litorales, al disponer las mareas y tormentas de un mayor volumen de agua proclive de ser arrastrado a tierra: las inundaciones costeras serán más frecuentes en un mundo que vaya calentándose a mayor ritmo.

Lo que acabamos de describir, aunque aumentará sus efectos, no incluye nada que no hayamos tenido ya: sequías, olas de calor, lluvias torrenciales, inundaciones en las costas. Sin embargo, hay consecuencias del calentamiento global que pueden depararnos escenarios que los humanos más recientes nunca

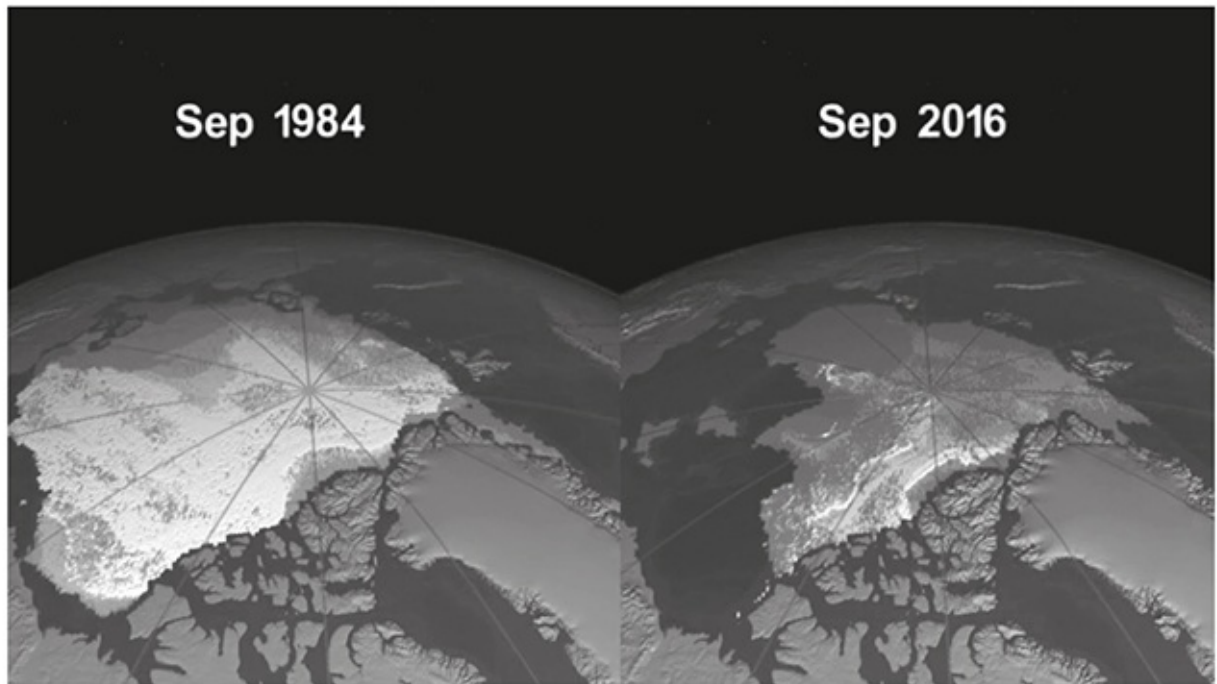
hemos visto y no somos capaces siquiera de imaginar, como un Ártico completamente libre de hielo en verano.

El Ártico

La cantidad de hielo en el océano Ártico no siempre es la misma a lo largo de todo el año: en invierno hay más y en verano menos, pero siempre hay algo. Sin embargo, una de las consecuencias que dibuja la trayectoria más pesimista del cambio climático, la RCP8.5, advierte de que antes de mediados de este siglo es probable que no haya casi nada de hielo en el mes de septiembre.

Las mediciones desde satélites dibujan el contorno de la extensión de la masa de hielo ártico con gran precisión a lo largo de todo el año. Hay siempre un pico máximo, que suele darse a finales del invierno o principios de la primavera, y un pico mínimo, que se viene registrando pasado el verano, hacia el mes de septiembre. En los últimos años uno y otro se han ido reduciendo, pero siempre conservando la presencia de hielo. Que desaparezca del todo es algo que no hemos visto hasta ahora y que podríamos empezar a ver, según estas proyecciones, antes de 2050.

Cierto que esta es la trayectoria más pesimista, pero lo que está ocurriendo en la actualidad ya preocupa mucho a los científicos. En 2016, el último año con datos disponibles a la hora de escribir estas líneas, la máxima extensión alcanzada en marzo fue la más baja jamás registrada. Después, en el apogeo del verano, la superficie ocupada por el hielo ártico fue un 40 % menor que en la misma fecha de 1979, cuando comenzaron las observaciones de los satélites: el 10 de septiembre de 2016 se reducía a 4,14 millones de km², la segunda más baja documentada, según el Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielo de los Estados Unidos.



Medición vía satélite de la extensión del hielo en el Ártico en septiembre de 1984 y 32 años después, en 2016. (Fuente: NASA)

«El primer crucero de lujo cruzó el Ártico a través del Paso del Noroeste el mes pasado», dijo entonces el secretario general de la OMM, constatando un hecho que también tiene sus pros y sus contras. Con un Ártico libre de hielo, la navegación marítima será más sencilla y se abrirán más posibilidades para el turismo, el transporte de mercancías y la exploración, pero crecerán también los riesgos de que ocurran accidentes con el aumento del volumen de circulación por esa zona tan sensible del planeta, como asegura en su informe el Consejo Ártico, dependiente de la OMM.

La fusión del hielo de la región tiene además otras consecuencias para el sistema climático. Una de ellas es la ya famosa realimentación a consecuencia del albedo, que como sabemos es la cantidad de radiación que refleja la Tierra dependiendo de la superficie donde incida el Sol. El hielo tiene un mayor albedo y por lo tanto refleja más radiación, pero el agua del océano que ocupa su lugar cada vez en mayor medida atrapa más calor —tiene menor albedo— y contribuye a amplificar el calentamiento. Otra consecuencia de un Ártico más cálido la encontramos también en las zonas continentales, en el permafrost o superficie soterrada permanentemente congelada en las regiones del Ártico, que al fusionarse liberaría los grandes depósitos de carbono que tiene almacenados en forma de CO_2 , en otro ejemplo del círculo vicioso del calentamiento global.

Estos cambios contribuirían a su vez a una modificación de la circulación oceánica y atmosférica, provocando modificaciones en los patrones de viento y precipitaciones que afectarían sobre todo a Europa y Norteamérica. Como no nos cansamos de repetir, todo está relacionado en el sistema climático, y el Ártico es una pieza fundamental y muy sensible de este sistema.

OLAS DE FRÍO EN LA ERA DEL CALENTAMIENTO

El 18 de enero de 2017 la noticia del tiempo abrió los informativos en toda España. Últimamente suele ocurrir muchas veces, pero aquella sí estaba plenamente justificada. Como resumió perfectamente Vicente Vallés en Antena 3 al inicio de Noticias 2: «Que haga frío en enero no es noticia. Pero que nieve en las playas de Valencia, Alicante y Murcia es un acontecimiento». Aquel día nevó en Torrevieja, algo que no ocurría desde 1914, se tiñeron de blanco las playas de Jávea y Denia por primera vez desde 1983 y la nieve cayó en el litoral de la Región de Murcia, como en San Javier o Cartagena, donde habría que remontarse hasta 1939 para tener constancia de una situación similar. La presencia de nieve al nivel del mar ya de por sí es noticia pero, como es lógico, hacia el interior la nevada fue más copiosa y causó algunos problemas en las comunicaciones por tren y por carretera, llegando a paralizar el tránsito por la autovía A-3 durante la noche siguiente. En el resto de España, aunque sin nevadas, el frío también era protagonista. Las bajas temperaturas desplomaron los termómetros hasta los $-21,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la localidad de Das (Girona), los $-17,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Benasque, en Huesca, o los $-13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el puerto de Navacerrada, entre Segovia y Madrid. España vivía una ola de frío y los informativos lo contaban en directo. Justo ese mismo día por la tarde, otra noticia de orden internacional saltó al escenario informativo: la Organización Meteorológica Mundial presentaba el balance de 2016, en el que se confirmaba que ese año había batido incluso el récord de calor del anterior, consolidándose como el más cálido documentado sobre la Tierra desde que hay registros instrumentales. En nuestro caso, la noticia del clima coincidía con la del tiempo en el espacio de los informativos. Y el debate estaba servido: ¿cómo se puede hablar de calentamiento con el frío que

está haciendo? «Son dos cosas distintas», como dijo el propio Vallés cuando me dio paso para que lo explicara sucintamente en las noticias. Entonces solo dispuse de quince segundos. Ahora me puedo extender un poco más.

No es lo mismo

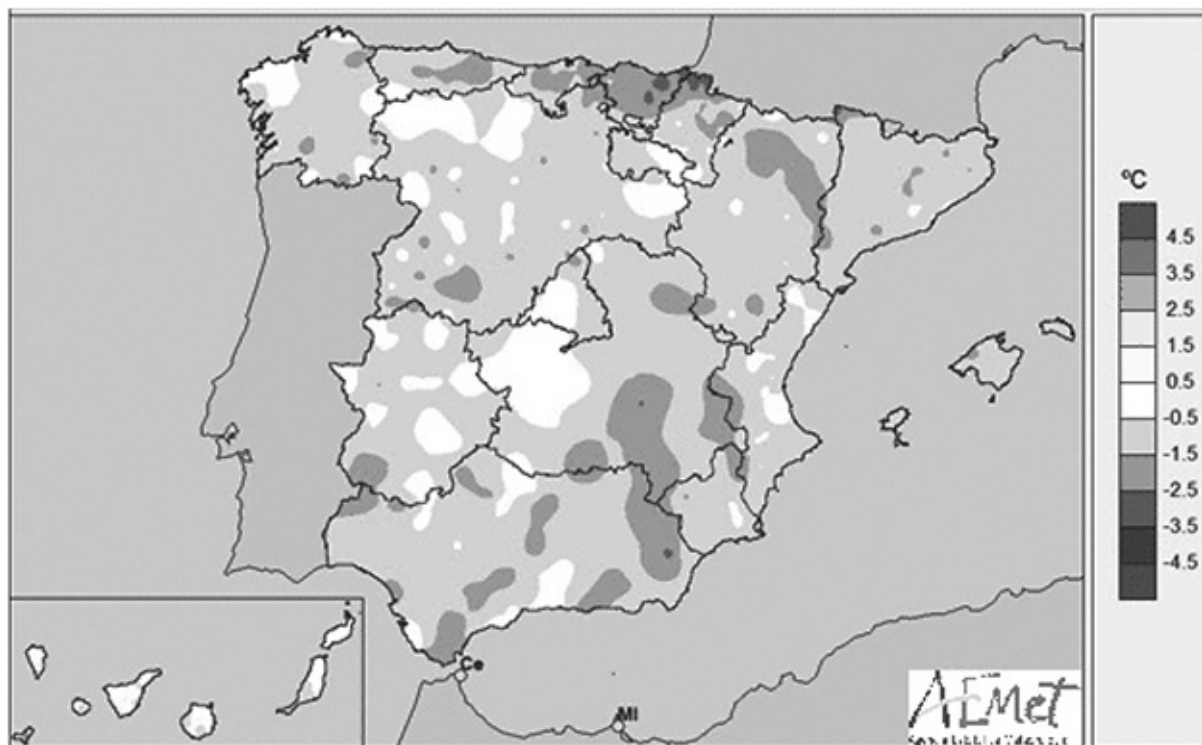
La respuesta a la duda generada cada vez que sufrimos una ola de frío en la era del calentamiento tiene dos partes. La primera tiene que ver con la diferencia entre tiempo y clima; la segunda, con la manera de mirar los datos: si hablamos de calentamiento global debemos recurrir al dato general de la temperatura en la Tierra, y no quedarnos solo con el particular de algunas zonas.

Ya sabemos por capítulos anteriores que tiempo y clima no son lo mismo. Igual que en un clima seco pueden existir días de lluvia, en un clima cálido son normales los días fríos. Los fenómenos meteorológicos puntuales no son por sí mismos el clima, aunque es cierto que su recurrencia o repetición es la que acaba conformándolo. Un clima es frío precisamente porque son más frecuentes las bajas temperaturas. Por eso es importante, al proyectar los posibles escenarios climáticos del futuro, conocer la frecuencia y la intensidad de los fenómenos extremos. De acuerdo con las previsiones del IPCC para los próximos años deberíamos tener menos olas de frío, y deberían ser menos intensas. Pero tener menos no significa que desaparezcan por completo. «Nos referimos a intensidad y duración, no a supresión», dicen los meteorólogos en respuesta a lo que se preguntaban muchos españoles aquel 18 de enero. En el último informe del IPCC los científicos consideran prácticamente seguro que, a medida que vaya aumentando la temperatura media global en superficie, los fenómenos de calor intenso serán más frecuentes y los episodios extremos de frío serán menos habituales en la mayoría de las zonas continentales. Aunque «se continuarán produciendo temperaturas frías extremas en invierno de forma ocasional», como puede leerse en las páginas del volumen dedicado a las «Bases Físicas» (2013). Habrá menos, pero de las olas de frío no nos libraremos del todo en los inviernos de un mundo más cálido.

Frío hizo, y mucho, no solo aquel día, sino en todo el mes de enero de 2017. El día 18 se produjo un descenso brusco de las temperaturas en la península ibérica y las islas Baleares por la irrupción de una masa muy fría de origen continental. Esa masa de aire de muy baja temperatura se encontró con una borrasca cerca del Mediterráneo que generó las nevadas en los lugares costeros,

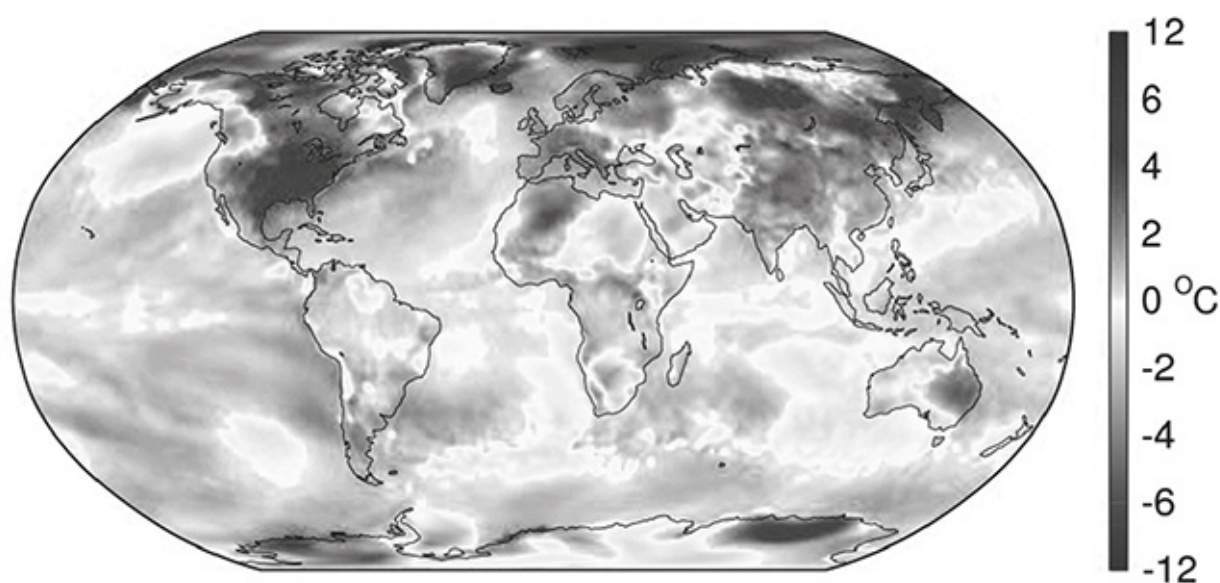
como las playas de Murcia y Alicante, mientras que en otras zonas donde la nieve es más frecuente, como los Pirineos, lo único que tuvimos ese día fueron heladas. Heladas muy fuertes, eso sí, y generalizadas. Numerosas estaciones de la red de AEMET en las dos mesetas y los puertos de montaña registraron más de veinte días de heladas a lo largo del mes. El frío continuó hasta casi sus últimos días, cuando las temperaturas volvieron a situarse por encima de los valores normales. En enero de 2017, los lugares habitualmente fríos de nuestra península lo fueron un poco más: en Molina de Aragón, provincia de Guadalajara, heló en veintinueve de los 31 días; veintisiete jornadas de heladas tuvieron en el puerto de Navacerrada y veinticinco en el aeropuerto de Salamanca. Aun así, estos observatorios no llegaron a batir su récord de temperatura mínima absoluta.

Tampoco, a pesar del frío, fue un enero de récord en el conjunto de España. Los eneros de 2005, 2006 y 2009 tuvieron una temperatura media más baja que los 6,7 °C de 2017. Pero ese valor, 0,5 °C por debajo de la media de referencia (1981-2010), es suficiente para que fuera calificado como un mes «entre frío y muy frío en la mayor parte de la península y Baleares», siendo normal en Canarias.



Anomalías de temperatura media en España en enero de 2017, respecto al valor medio mensual. En general, España tuvo un invierno frío o muy frío, con una media de 0,5 °C por debajo de lo normal. (Fuente:

Pero para poder hablar de calentamiento global, como decíamos, hay que tener un dato global: de toda la Tierra. Y si vamos abriendo el *zoom* desde esta España donde tuvimos un enero frío para acabar abarcando una visión del planeta entero, resulta que ¡enero fue un mes cálido! En el conjunto del planeta, la temperatura media de enero de 2017 estuvo 0,55 °C por encima de la media del mencionado periodo de referencia (1981-2010), y fue el segundo enero más cálido desde que hay datos, tan solo superado por el de 2016 por un ligero margen de 0,17 °C. Aquí sí que casi tenemos récord, pero en el sentido contrario, el del calentamiento, y eso que no solo en España sino en la mayor parte del centro y sur de Europa aquel fue un mes gélido, de olas de frío y nevadas. Pero el mundo es muy grande, y en el hemisferio sur tuvieron un verano con temperaturas más altas que las normales e incluso en Escandinavia fue un mes cálido. Aunque regionalmente algunos días, semanas o incluso meses puedan ser muy fríos, en el conjunto del planeta la tendencia sigue apuntando al calentamiento.



Anomalía de temperatura media en el mundo en enero de 2017. Como puede verse, en el conjunto del planeta ese mes fue cálido, con una media de 0,5 °C por encima de lo normal. (Fuente: EMCWF, programa Copernicus)

Más fríos

Aun así, podemos ir un poco más allá. ¿Y si no fuera solo en un país o una región del mundo? ¿Y si no fuera solo unos meses sino años enteros o incluso periodos más largos? ¿Sería posible? No es lo más probable pero no puede descartarse. La historia del clima nos ha enseñado que dentro de las tendencias cálidas existen también fluctuaciones hacia largos periodos más frescos. Es lo que ocurrió en el llamado *evento 8,2 ka* hace 8200 años (como su propio nombre indica, pues ka es la abreviación de kiloaño, esto es, mil años), al comienzo del Holoceno, periodo de la historia de la Tierra por el que estuvimos transitando en la segunda parte de este libro, como recordará el atento lector. Unos 3000 años antes había terminado la última glaciación y el clima estaba iniciando ese proceso generalizado de calentamiento en el que nos encontramos y que denominamos periodo interglaciar. Pues bien, de repente, en cuestión de unos dos siglos, las temperaturas bajaron unos 2 °C y cambió el régimen de precipitaciones durante los siguientes 150 años. Los paleoclimatólogos tienen estudiado muy bien este evento, probablemente por ser la última fluctuación climática súbita acontecida en la Tierra. La causa que se apunta como responsable parece encontrarse en una invasión de agua dulce en el Atlántico norte, procedente de la fusión masiva del manto de hielo que entonces aún cubría la mayor parte de Norteamérica. Desde dos grandes lagos en lo que hoy sería la bahía de Hudson, el agua dulce se fue drenando hacia el océano, trastocando la circulación oceánica en el hemisferio norte e influyendo en la del resto de planeta. La corriente del Golfo se debilitó y las temperaturas bajaron sobre todo en Groenlandia, donde llegaron a ser de hasta 7 °C menos que cien años antes. Cuando el aporte de agua dulce se agotó, las temperaturas volvieron a recuperar su ritmo ascendente.

Oscilaciones pasadas

No hay que confundir esta fase de enfriamiento, el evento 8,2 ka, con otra previa cuya causa fue similar pero tuvo mucha mayor duración y envergadura, el llamado Dryas Reciente o *Younger Dryas*, que ocurrió entre hace 13 ka y 11 ka. Estaba pues acabando la última glaciación, ya que el último máximo glacial se dio hace 22 ka, y, cuando la tendencia era hacia temperaturas cada vez más suaves, se produjo ese periodo de enfriamiento. Duró pues varios miles de años, aunque se piensa que empezó y terminó de manera súbita, en apenas algunas

decenas de años. Cuando termina el *Younger Dryas* es cuando se considera que empieza el Holoceno.

Incluso antes hay otras oscilaciones, pero de signo contrario, que tienen también a Groenlandia como protagonista. Se trata de unos veinte picos de calor que se produjeron durante la última glaciación, aproximadamente cada 1500 años. Estudios recientes de sondeos en el hielo han llevado a los científicos a sospechar que el clima de la última glaciación no era tan frío de forma continuada, sino que era sobre todo bastante inestable: cada 1500 años se producían unos bruscos calentamientos con una subida de entre 5 °C y 8 °C en apenas diez años, seguidos de enfriamientos más paulatinos. Son los denominados eventos Dansgaard-Oeschger, en honor a su descubridor, o simplemente oscilaciones D-O, que ocurrieron entre hace 80.000 y 12.000 años y de los que se han hallado pruebas tanto en Groenlandia como en la cuenca tropical del Cariaco en Venezuela.

Groenlandia

Estos cambios se produjeron hace miles de años y sin que el hombre tuviera nada que ver. En este otro cambio climático que ahora está en marcha, las consecuencias del calentamiento en Groenlandia pueden acelerar el ritmo en el que vaya perdiendo su manto de hielo, y con esto se producirán nuevas consecuencias que afectarían a la subida del nivel del mar o el enfriamiento del Atlántico norte. El cambio en la circulación termohalina o la pérdida del casquete de hielo de Groenlandia es lo que los científicos califican un punto de no retorno. Estos son ciertos hitos clave muy sensibles de nuestro sistema climático con graves consecuencias para su futuro. A día de hoy, los científicos parecen descartar que estos puntos sin retorno se puedan alcanzar durante el siglo XXI. La duda está en los siglos posteriores.

26

LA INFLUENCIA SIGUE: EL PRECIO DE LA LUZ

Aunque el hombre haya empezado a afectar al clima, la influencia de este sobre la actividad humana no ha desaparecido en estos años. Nuestra sociedad industrializada genera toneladas de CO₂ que se emiten a la atmósfera, pero el desarrollo también ha impedido que se repitan las hambrunas generalizadas por causas climáticas que sacudían a la Edad Media, o incluso aún al siglo XVIII o el XIX, como vimos en la segunda parte del libro. Es innegable que el clima lo tiene más difícil para arrasar con cosechas enteras, y la sociedad del mundo desarrollado hace tiempo que abandonó la dependencia de una agricultura de subsistencia. Pero aunque hayamos podido sustraernos a la absoluta sumisión a los vaivenes del clima, todavía no hemos logrado escapar por completo de sus influjos. Puede que de momento no nos vayamos a quedar sin alimentos, pero los seguimos pagando más caros a causa de ciertas condiciones meteorológicas. Y puede que en el mundo desarrollado no muramos de hambre por culpa del clima, pero ahora nos mata el aire que respiramos.

El aire que nos mata

La Agencia Europea del Medio Ambiente asegura que se llegan a producir al año en Europa casi medio millón de muertes prematuras relacionadas con la polución. La Organización Mundial de la Salud estima que una de cada ocho muertes en el mundo tiene relación con la exposición a la contaminación atmosférica: «Si se redujera la contaminación del aire, podrían salvarse millones de vidas», asegura la OMS. En las grandes urbes del planeta, el aire que permite

la vida es nocivo al mismo tiempo: la contradicción del siglo XXI. Más del 80 % de las ciudades del mundo tienen niveles de contaminación que superan los límites establecidos por la OMS sobre la inocuidad del aire. Se trata de un problema que va más allá de poder coger o no el coche según el número de la matrícula en los días de restricción. Se trata de un problema de salud mundial de primer orden, pero a menudo tan invisible como el aire.

Los principales contaminantes, especialmente en zonas urbanas, son el dióxido de nitrógeno (el NO_2 , responsable de que se tomen medidas de restricción del tráfico en París o Madrid cuando se rebasan los límites de concentración en el aire), el ozono troposférico y las partículas finas (PM10 y PM2,5, es decir, el conjunto de las partículas de toda naturaleza de tamaño inferior a 10 y 2,5 micrómetros, respectivamente). El hollín o carbono negro, del que ya hemos hablado, es una de las principales partículas que enturbian el aire y causan problemas de salud. Los incendios forestales o la quema masiva de residuos procedentes de las cosechas son una importante fuente de hollín y otras partículas PM2,5 responsables de que, por ejemplo, en India hayan aumentado un 50 % las muertes prematuras entre 1990 y 2015, superando a China como nación más contaminada del mundo, según publicaba el *New York Times* en febrero de 2017. En China, precisamente, son frecuentes en invierno largos periodos de una especie de niebla densa que impide la visibilidad y obliga a los ciudadanos a salir a la calle con mascarillas. Pero no es niebla: es el hollín procedente de la combustión incompleta de calderas y estufas de carbón, que se encienden masivamente cuando llega el frío. La OMS recomienda una exposición diaria de no más de 25 microgramos de PM2,5 por metro cúbico de aire: en diciembre y enero, muchas ciudades del norte de China llegan a sobrepasar los 1000 microgramos de PM2,5 por metro cúbico. Las emisiones industriales o el polvo generado por la construcción son otras fuentes antrópicas de partículas en suspensión. También las hay naturales, como las procedentes de las erupciones volcánicas, que ya conocemos, o las que el viento levanta en los grandes desiertos y transporta a muchos miles de kilómetros de distancia: la calima.



Nueva Delhi es, oficialmente, la ciudad con peor calidad de aire del planeta. Como puede verse en la imagen, la polución parece en ocasiones una espesa niebla que apenas permite distinguir el perfil de los edificios.

El ozono por su parte no se emite de manera directa, sino que se forma por la interacción de la luz solar con otros gases llamados precursores. Entre ellos está el metano, que juega una doble partida: contaminante por sí mismo como subproducto de la extracción y distribución de combustibles fósiles y como precursor del ozono troposférico, además de ser causante de graves trastornos en la función pulmonar o del incremento de la incidencia del asma.

La influencia silenciosa que el clima puede representar en la contaminación de las grandes ciudades tiene, no obstante, un recorrido de vuelta beneficioso: al reducir las emisiones de GEI en busca de combatir el calentamiento global, se contribuirá también, aunque sea de rebote, a disminuir la presencia en la atmósfera de gases contaminantes y partículas en suspensión. Si se cumplen las regulaciones necesarias para limitar a 2 °C el calentamiento global a finales del siglo XXI podría también reducirse la presencia de ozono en el aire de las principales ciudades de Europa hasta un 16 % en verano y rebajar los niveles de NO₂ entre un 33 % y un 51 %, según estudios recientes del Centro Nacional de Investigaciones Meteorológicas de Francia. También frenando la desertización habrá menos posibilidades de que se produzcan episodios de intensa calima, esos que oscurecen el cielo y complican la calidad del aire de las grandes ciudades hasta las que llega de vez en cuando el polvo del desierto.



Las ciudades chinas tienen poco que envidiar a Nueva Delhi en cuanto a *smog* se refiere. Las fotos de ciudadanos chinos circulando con bicicleta y mascarillas han dado la vuelta al mundo. Afortunadamente el amor no entiende de malos humos... La fotografía ha sido tomada en Pekín.

Y mientras intentamos que el aire siga siendo respirable, la influencia del clima también se cuela silenciosamente hasta nuestros bolsillos y cuentas bancarias, ya sea por la subida del precio de los alimentos o por la indescifrable factura de la luz.

Las verduras más caras

El medio rural y las propias especies se van adaptando paulatinamente a las nuevas condiciones climáticas, entre ellas las menos frecuentes heladas tardías. La primavera cada vez se adelanta más y las flores están expuestas desde antes a esas heladas que, aunque menos frecuentes, todavía pueden presentarse algún año. Cuando esto ocurra las cosechas de frutas y hortalizas se verán mermadas por la destrucción de muchas flores, y veremos cómo sus valores se incrementan en los meses siguientes en los mercados, como ha ocurrido ya con las cerezas o los albaricoques, cuyos precios se ponen por las nubes cuando de repente hiela

un año en abril o mayo. Son las leyes de la oferta y la demanda. Algo parecido ocurrió en el invierno de 2016-2017 con el precio de las verduras en Europa y en España. Una ola de frío a primeros de enero, de las que cada vez tendremos menos pero que no se han suprimido del todo, como hemos visto en el capítulo anterior, arrasó las hortalizas de invierno de Francia, Grecia y sobre todo Italia. En el sur del país transalpino, con heladas y hasta inusuales nevadas en cotas bajas, se perdió hasta el 60 % de la producción de espinacas, coliflores, alcachofas, coles o apio. Italia es el principal productor comunitario de hortalizas, con un volumen de trece millones de toneladas, de las cuales el 30 % se destina a la exportación. Pero aquel mes tuvo que importar hortalizas para cubrir su demanda interior, y los italianos pagaron el triple por aquellas verduras que venían de Marruecos, Estados Unidos... o desde España.

Pero unas semanas después fue a España a la que le tocó sufrir una ola de frío, y las heladas y nevadas inusuales llegaron incluso a grandes áreas productivas del Mediterráneo peninsular. Con menos producción en nuestro país y gran parte de ella destinada a la exportación para cubrir la demanda de Europa, fueron entonces los españoles quienes pagaron el triple por las berenjenas o la lechuga. A más 3,5 euros por kilo se llegó a pagar el calabacín a mediados de enero en los mercados españoles: por el mismo dinero que la semana anterior comprabas un kilo entero, en esos días volvías a casa con un solo calabacín.

A pesar de los avances tecnológicos de nuestra sociedad actual, las economías domésticas parecen no haberse librado de la volatilidad que supone un año o un periodo de malas cosechas debido al clima. Pero el IPCC, en sus conclusiones sobre riesgos futuros, va incluso más allá y afirma que un aumento de la temperatura global de unos 4 °C por encima de la de finales del siglo xx, en combinación con una creciente demanda de alimentos, «plantearía grandes riesgos para la seguridad alimentaria a nivel mundial y regional». De momento quizá no nos quedemos sin alimentos, pero en ocasiones sí los vamos a pagar más caros, con el clima como responsable o como excusa.

El precio de la luz

El clima también está detrás de que paguemos más por el recibo de la luz, aunque la respuesta, en este caso, no solo esté en el viento. Muchos factores marcan el precio de la energía en el actual sistema tarifario, siendo el más determinante la dependencia de nuestro país de fuentes de energía que tenemos

que importar, como el gas y el petróleo, que nos resultan más costosas. El precio de nuestro recibo sube cuanto más caras estén en el mercado internacional o cuanto más necesitemos acudir a ellas para cubrir nuestra demanda. Y en esto último es donde más pueden influir las condiciones climáticas. Las olas de calor más frecuentes e intensas que prevén la mayoría de estudios supondrán un gran aumento de la demanda eléctrica para la refrigeración. A la vez, las condiciones en las que se dan esos picos de calor —un anticiclón que impide soplar al viento y produce una mayor evaporación que fomenta la sequía— merman la obtención de energía a través de la generación eólica o la hidráulica. Esos días podría estar funcionando a toda máquina la captación de energía solar a través de miles de pequeñas instalaciones fotovoltaicas, pero incomprensiblemente en España parece que las trabas para el desarrollo del autoconsumo abundan casi tanto como las numerosas horas de sol al año de las que disponemos. Con mayor demanda de energía en días de altas temperaturas y con menor generación a través de las renovables, que resultan más baratas que acudir al mercado extranjero, las previsiblemente más frecuentes olas de calor del futuro supondrán también un disgusto para nuestros presupuestos domésticos.

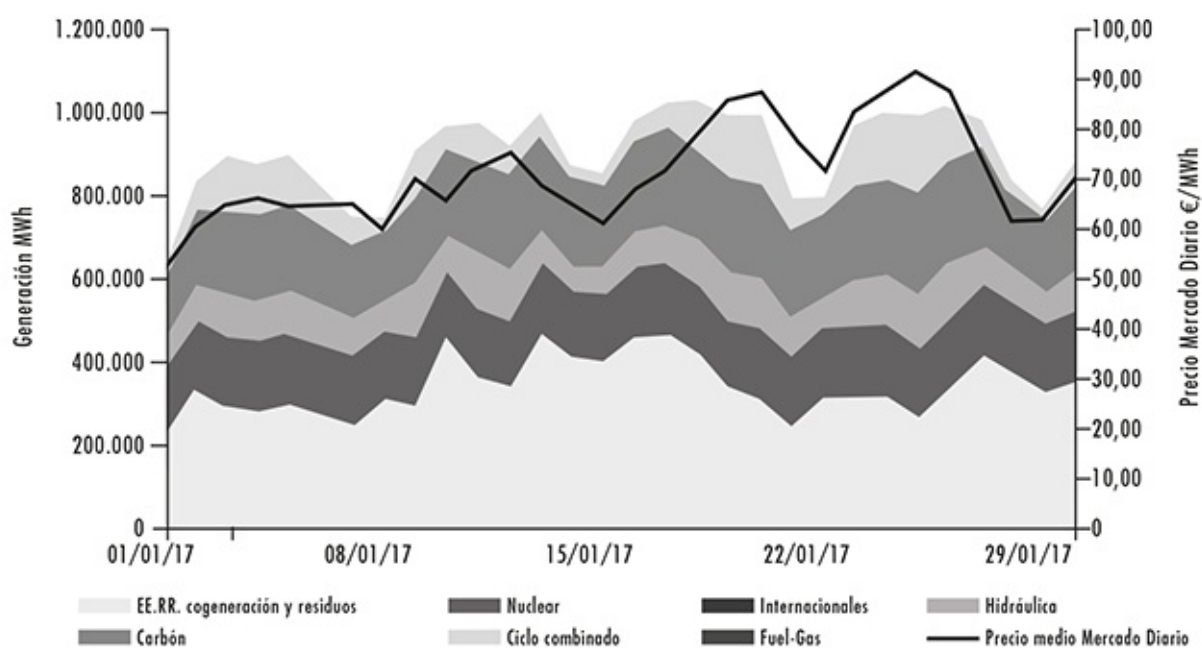
También ocurre en sentido contrario: las olas de frío del invierno suelen venir causadas por la presencia de un anticiclón de bloqueo que provoca heladas generalizadas. La demanda aumenta por la necesidad de calentar las casas, y como el recurso a las renovables no es suficiente, sobre todo el aporte de la eólica (pues con el anticiclón no hay viento), también es necesario recurrir al carbón o al gas, que son más caros. Si a esto le sumamos otros factores como la sequía, que impediría que la energía hidroeléctrica también sumara, y el encarecimiento en el mercado exterior del gas o de la energía nuclear que importamos de Francia, desembocamos en un escenario como el del 25 de enero de 2017, cuando el precio de la luz alcanzó los 91,88 euros por megavatio-hora en el mercado mayorista, llegando a los 101,9 euros durante el tramo más caro del día.

Toda la culpa, pues, no la tiene el clima. Porque, de ser así, tanto como subieron los precios cuando el viento no soplaba ni caía la lluvia tendrían que bajar en los temporales que mueven los molinos y llenan los embalses...

La influencia más directa del clima quizá la podamos encontrar en la generación eólica. El inicio de la primavera o la temporada de invierno son los meses en los que más sopla el viento, y coinciden con el precio más bajo de la electricidad. Cuanto mayor demanda eléctrica se puede cubrir con la generación

eólica, más bajo es el precio en la factura de la luz, según los datos de la Asociación Empresarial Eólica.

En el año 2016, las renovables generaron el 41 % de la energía en España. Desglosado por meses, resulta revelador comprobar que, por ejemplo, en abril la producción de las renovables llegó a cubrir el 54,1 % del total mensual, del que la energía hidráulica produjo el 25,6 % y la eólica el 21,6 %. Con los cielos cubiertos, la fotovoltaica se quedó en apenas un 3,3%. Aquel fue un «abril de aguas mil», con una precipitación media en España un 43 % superior al valor medio mensual.



Generación de energía en España en enero de 2017, según las distintas tecnologías utilizadas. (Fuente: *Boletín del Mercado Eléctrico*)

En agosto, a pleno sol, las renovables solo cubrieron el 37 % de la generación de energía: subió la producción de la fotovoltaica hasta el 4,1 % y se incrementó también la termosolar hasta otro 4 %, pero no pudieron compensar la ausencia de lluvias y la consiguiente bajada de la hidráulica, que cubrió solo el 9,8 % de la generación de energía. También bajó la eólica, pero resistió con un 17,6 %, fruto entre otros factores de ese levante casi perenne que sopla en el Estrecho y los alisios de Canarias.

En el febrero anterior, que fue un mes muy ventoso, la eólica cubrió el 30,2 % de la demanda, récord mensual hasta ese momento. Una aportación esencial para que las renovables produjeran ese mes el 54,6 % de toda la energía, frente al

45,4 % de las no renovables. Eso supuso un ahorro en la factura de la luz de 15,18 euros, según el balance mensual de la ya mencionada Asociación Empresarial Eólica. Aunque también se señala como responsable de este ahorro, eso sí, a la bajada del precio internacional del gas natural importado.

No cabe duda de que una meteorología favorable supone una mayor producción por parte de las fuentes de energías renovables. Pero de nuevo hay que enmarcar esa generación en la demanda que existe en ese momento y que acabará determinando el precio en el mercado mayorista. Respecto al recibo que llega a nuestras casas, también se incluyen los impuestos, el 21 %, y los costes regulados, que en 2015 supusieron el 44 % del coste total de la factura doméstica, frente al 32 % que supuso el mero coste de la generación eléctrica. Y no debemos olvidar que, a fin de cuentas, el resultado siempre queda al albur de los factores coyunturales que influyen en el precio de la energía que compramos al exterior, que acaba siendo más decisivo que las nubes o el viento. La respuesta está en el viento, por volver otra vez a Dylan, pero también en el gas de Argelia.

LO QUE PODEMOS HACER

Puede que estemos viviendo, sin saberlo, en una nueva era geológica de la Tierra. Eso ya les ocurrió a los humanos de hace 11.600 años, que transitaban desde el Pleistoceno hasta el Holoceno. Pero no ha sido hasta miles de años después, en el presente, cuando hemos puesto nombre y fecha a esas distintas épocas geológicas. Sin embargo, en la actualidad hay un proceso en marcha cuyo objetivo es demostrar que en el siglo xx cambiamos de época: habríamos dejado atrás el Holoceno cuando la influencia humana comenzó a ser relevante para el propio desarrollo del planeta. De aceptarse esta teoría sería la primera vez que los humanos seríamos conscientes de un cambio de época geológica: del Holoceno al Antropoceno.

El Antropoceno

En el Congreso Internacional de Geología celebrado en Sudáfrica en septiembre de 2016, un grupo de expertos previamente designado presentó sus conclusiones sobre si era apropiado o no hablar de una nueva época geológica.

Como siempre se necesita un punto de inflexión para determinar un cambio de época, los expertos señalan la década de 1950 y los ensayos con bombas nucleares como la línea que marca la transición, ya que esos ensayos, fruto de la actividad humana, lograron dejar un rastro perceptible en todo el planeta a través de la presencia de los elementos radiactivos generados por ellos. Como prueba de que los hombres ya están dejando huellas perennes en la geología terrestre, aportan también estos científicos la contaminación generada por los plásticos de difícil desintegración, que seguirán presentes en la Tierra muchos miles de años,

el hollín o carbono negro de las centrales eléctricas, ya que se trata de esferas de carbono que no se queman del todo y permanecen también muchos años sobre las zonas donde se depositan, e incluso los huesos de los pollos que se pueden encontrar en los vertederos de prácticamente todo el mundo al haber aumentado y haberse generalizado su consumo en el último siglo. Desde mediados del siglo xx es el ave más común a escala planetaria, y es muy probable que quienes busquen fósiles de esta época dentro de muchos años lo que encuentren vaya a ser, fundamentalmente, huesos de pollo.

De los 35 científicos del grupo de trabajo, treinta votaron a favor de reconocer que estamos en una nueva era geológica, tres votaron en contra y dos se abstuvieron. Para convencer a estos quizá hubiera sido preciso contar con un fundamento estratigráfico, algo así como una huella en la roca o en el fondo marino que dejase a la vista claramente la separación entre distintas épocas. Una marca geológica, grande, clara y distintiva. En estos momentos, continua la búsqueda.

Qué podemos hacer

Si los hombres tenemos tanta responsabilidad en el devenir del planeta, incluso a escala geológica, también estará en nuestra mano combatir para que este mundo sea mejor, aun en el ámbito climatológico. Fruto de las emisiones de GEI se produce el ascenso de las temperaturas con las consecuencias que ya hemos visto en capítulos anteriores. Ahora nos toca ver qué podemos hacer para evitar que esas consecuencias sean trágicas. Terminaremos este libro viendo cómo, también fruto del ingenio del hombre, pueden llegar las respuestas.

Las medidas recomendadas por la mayoría de los expertos, entre los que se encuentra el ya citado IPCC, van encaminadas hacia una doble vía: por un lado, combatir el forzamiento radiativo para lograr que provoquemos el menor calentamiento posible del clima. Por otro, preparar los ecosistemas y los sistemas humanos, tanto sociales como económicos, para reducir su vulnerabilidad antes de la llegada de las consecuencias negativas que conllevará ese calentamiento. Es decir, mitigación y adaptación.

Mitigación y adaptación

Disponemos de varias opciones para mitigar el forzamiento radiativo, ese extra de energía que, fruto de la actividad humana, estamos inyectando en el sistema climático y que conduce a su recalentamiento. Básicamente se trata de (1) reducir, (2) eliminar y (3) transformar las fuentes de las que llega esa energía excedente.

Disminuir la fuente del forzamiento puede parecer lo más fácil: se trataría tan solo de poner freno a las emisiones. Pero ya solo la experiencia de los últimos años nos demuestra lo complicado que es llegar al consenso para reducir la generación de gases de efecto invernadero. El primer protocolo de obligado cumplimiento para reducir emisiones se firmó en 1997 en la ciudad japonesa de Kioto, pero hasta 2005 no fue ratificado por más de la mitad de los países firmantes, requisito esencial para que entrara en vigor. Aprendida la lección, los plazos se acortaron en la aprobación del protocolo que sustituirá al de Kioto a partir de 2020: el llamado «Acuerdo de París» fue negociado en esa ciudad francesa a finales de 2015 y se abrió para la firma el 22 de abril del año siguiente. El 4 de noviembre de 2016 ya habían ratificado el acuerdo más de la mitad de las partes y pudo entrar vigor.

El progreso humano hoy en día implica no obstante una gran demanda de energía en todas sus fases. Y, a falta de un mayor desarrollo de las energías renovables, esa demanda sigue siendo cubierta mayoritariamente por los combustibles fósiles. Reducir las emisiones supone por un lado incrementar el uso de las renovables, y por otro disminuir la demanda eléctrica total, bien sea por un cambio improbable en los hábitos sociales o por la mejora de la eficiencia energética en el transporte, la industria y la construcción.

La segunda opción es la de eliminar la presencia de los GEI retirándolos de la atmósfera. Aquí entran los métodos encaminados al «secuestro» del dióxido de carbono. Por un lado, está la potenciación de sus sumideros naturales y, por otro, la creación de nuevos sumideros de manera artificial a través de la ingeniería climática.

Los océanos son, hoy en día, el mayor sumidero de carbono existente en el planeta de forma natural. En el ciclo del carbono, el CO₂ que llega al mar es captado por millones de organismos marinos, como los foraminíferos y las algas calcáreas, que lo emplean para hacer sus pequeñas cáscaras. Cuando mueren y caen al fondo del mar, ese CO₂ se transforma en rocas calcáreas sedimentarias en las que el carbono queda atrapado. Esos acantilados blancos de roca caliza que tan bellos pueden llegar a resultarnos son en realidad enormes depósitos de CO₂ solidificado a nuestra vista. También los corales y el fitoplancton marino

asimilan el carbono para realizar la fotosíntesis. Uno de los métodos en los que se ha pensado consiste en fertilizar el océano con hierro y nutrientes para incrementar la presencia de fitoplancton y aumentar el efecto sumidero del océano en este sentido.

Otro sumidero natural de carbono son las plantas y, por volumen efectivo, los grandes bosques. Los árboles capturan el CO_2 para realizar la fotosíntesis, y como resultado el carbono se acumula en su madera. Se podría reforzar este «secuestro» de carbono a través de una mayor reforestación, de la fertilización artificial o fomentando el crecimiento de bosques formados por especies más grandes y por tanto con mayor tasa de captura del CO_2 , o tal vez introduciendo otras capaces de crecer más rápido y aumentar la absorción. Todas esas líneas ya se apuntaron en el Protocolo de Kioto firmado en 1997.

Además de esos sumideros naturales se pueden fabricar otros artificialmente para que acaben teniendo la misma función. Se ha pensado, por ejemplo, en usar antiguas minas o yacimientos de petróleo ya agotados como almacenes de CO_2 . Se trataría de comprimirlo en lugares de gran producción, como las centrales térmicas de carbón, y una vez convertido en un fluido transportarlo hasta almacenes, como pueden ser esos antiguos pozos petrolíferos, donde quedaría enterrado.

La tercera opción para mitigar el forzamiento radiativo estaría encaminada a paliar su exceso por otros caminos, como por ejemplo la modificación artificial del albedo. Sabemos que hay superficies que reflejan mejor la radiación del Sol que otras, y cuanto más radiación se refleja, menor es la cantidad que se queda en el sistema y, por lo tanto, menor el calentamiento. Por eso, uno de los mecanismos de los que siempre se habla sería producir nubes de manera artificial para que, con mayor cobertura nubosa, menos rayos de sol alcancen la superficie terrestre. Se ha llegado a hablar de la posibilidad de una gran flota de barcos que inyectaran en la troposfera grandes cantidades de pequeñas gotas de agua marina. Al evaporarse el agua de esas gotas quedarían flotando en el aire minúsculas partículas de sal que funcionarían como núcleos higroscópicos que pudiesen actuar como generadores de nubes, ya que estas no son más que múltiples gotitas de agua condensadas alrededor de pequeñas partículas flotantes en el aire. Por último, y con el mismo objetivo de reducir la cantidad de rayos solares que llegan a la tierra, algunos científicos e ingenieros han planteado colocar una multitud de pequeños discos reflectantes entre el Sol y la Tierra, a una distancia de un millón y medio de kilómetros de nuestro planeta. En ese punto la atracción gravitatoria de los dos es la misma, así que los discos

quedarían flotando permanentemente formando una especie de nube de material reflectante de unos 100.000 kilómetros de longitud alrededor de la Tierra. Pero, de momento, solo son proyectos.

Paralelamente a estos métodos de mitigación, deberían ponerse en marcha en todos los países, y no solo en los aparentemente más vulnerables, diversas políticas de adaptación a las cambiantes condiciones ambientales. De ellas podrán abrirse también nuevas oportunidades de desarrollo social y económico. Pero sobre todo se trata de minimizar los daños a través de la previsión y la anticipación. El hombre deberá adaptarse, y está claro que lo haremos. No nos queda otra. Es lo que tenemos que hacer para poder habitar la Tierra. Desde que nació hace más de 4500 millones de años, ella nos ha demostrado en innumerables ocasiones su capacidad de adaptación ante los cambios. Ahora somos nosotros, los humanos, los que tenemos que aprender y desarrollar esa capacidad de adaptación, que comienza por ponernos de acuerdo entre nosotros y actuar en consecuencia. Hasta que se desarrollen las estaciones espaciales, habitemos el fondo de los océanos o colonicemos Marte, el planeta Tierra seguirá siendo nuestra única casa. Intentemos que durante muchos años más siga siendo también un hogar.

BIBLIOGRAFÍA

Para hacer este viaje ha sido necesario viajar antes por otros libros, revistas y artículos en páginas web. Aquí reseño algunos de los fundamentales y que pueden resultar de utilidad al lector para seguir viajando por el tiempo.

Libros

- ARSUAGA, J. L. y MARTÍNEZ I., *La especie elegida*. Temas de Hoy, 2000.
- BLACK, J. *La Europa del siglo XVIII*. Ediciones Akal, 1997.
- BRASERO, R. *Entender el tiempo*. Oberon, 2013.
- COMELLAS, J. L. *La Tierra, un planeta diferente*. RIALP, 2008.
- DERRY, T. K. y WILLIAMS, T. *Historia de la Tecnología*. Siglo XXI, 6ª edición 2004, 1.ª 1977.
- FAGAN, B. *La pequeña edad de hielo*. Gedisa Ed., 2008.
- FONT TULLOT, I. *Historia del Clima en España*. Instituto Nacional de Meteorología, 1988.
- , *El hombre y su ambiente atmosférico*. Instituto Nacional de Meteorología, 1991.
- GARCÍA GUAL, C. *La secta del perro*. Alianza Editorial, 1987.
- HUIZINGA, J. *EL otoño de la Edad Media*. Alianza Editorial, 2001.
- KURLANSKY, M. *El bacalao: una biografía del pez que cambió el mundo*. Atalaya, 1999.
- LAMB, H. H. *Climate, History and the Modern World*. Methuen Ltd., 1982.
- LAS CASAS, F. B. *Historia de las Indias*. Aguilar, 1927.
- LE ROY LADURIE, E. *Histoire du climat depuis l'an mil*. Flammarion, 1983.
- MARTÍN CHIVELET, J. *Memorias de un clima cambiante*. Batiscafo, S. L., 2016.
- PITA, M.ª F. y CUADRAT, J. M.ª *Climatología*. Cátedra, 1997.
- RIVERA, A. *Compartiendo el tiempo*. Punto Rojo Libros, 2015.
- SEEVER, K. *The Frozen Echo: Greenland and the Exploration of North America*. Stamford University Press, 1996.
- TOHARIA, M. *El clima*. Random House Mondadori, 2006.
- URIARTE, A. *Historia del clima de la Tierra*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 2003.
- VIÑAS, J. L. *Preguntas al aire*. Alianza Editorial, 2014.

Artículos

- ALBEROLA, A. «El cambio climático medieval», *Historia National Geographic*, 147, 2016.
- ALVAREZ, L. W. «Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction», *Science*, 208, 1908.
- DIÉGUEZ, C. «Flora y Vegetación durante el Jurásico y el Cretácico», *Monografías Jardín Botánico*, Córdoba, 2003.
- JONES, G. V. «Cambio climático: observaciones, pronósticos e implicaciones generales en viticultura y producción vinícola», *ACE Revista de Enología*, 93.
- LINÉS ESCARDÓ, A. «El mapa del tiempo en los viajes de Colón», *Revista del Aficionado a la Meteorología*, RAM, octubre 2013.
- MORA PIRIS, A. «La meteorología en el Quijote», *Boletín de la Asociación Meteorológica Española*, 1972.
- MORA GARCÍA, M. «El Quijote desde el punto de vista de la meteorología», *Tiempo y Clima*, 54, 2016.
- NESBITT, A.; KEMP, B. *et. al.* «Impact of recent climate change and weather variability on the viability of UK viticulture», *Australian Journal of Grape and Wine Research*, marzo 2016.
- PASTOR, M. A. y SÁNCHEZ-LAULHÉ, J. M.^a «¿Cómo eran las condiciones climáticas en la vida de Miguel de Cervantes?», *Tiempo y Clima*, 54, 2016.
- PASTOR SAAVEDRA, M. A. «Bienvenidos al Antropoceno», *Tiempo y Clima*, 55, 2017.
- ROA ALONSO, A. «Veintiún siglos de meteorología», *Tiempo y Clima*, 52, 2016.
- RODRÍGUEZ BALLESTEROS, C. «Estudio de la variación de la frecuencia de ocurrencia de efemérides de temperatura en España», *Tiempo y Clima*, 53, 2016.
- VEIZER, J. «Celestial Climate Driver: A Perspective from Four Billion Years of the Carbon Cycle», *Journal of The Geological Association of Canada*, noviembre 2004.

Blogs

- AMIGOS DEL ANTIGUO EGIPTO. *La importancia de la crecida del Nilo*.
http://amigosdelantiguoegipto.com/?page_id=8864
- ASTORZA DE, E. *Notas desde algún lugar. «Cuando el Támesis se helaba»*.
<http://www.notasdesdealgunlugar.com/>
- AYUNTAMIENTO DE BOCAIRENT. *Vestigios de la industria del hielo*.
<http://www.bocairent.org/tours/las-cavas-o-neveros/>
- CAMPOS, A. *El viajero digital*.
<http://elviajero-digital.com/>
- GARCÍA OMEDES, A. *La guía digital del arte románico*.
<http://www.arquivoltas.com/Arquivoltas.htm>
- LEÓN SÁNCHEZ, J. *Crónicas de Olula.- Los neveros de la Sierra de los Filabres*.
<http://jleonsanchez.blogspot.com.es/2015/02/los-neveros-de-la-sierra-de-los-filabres.html>
- LOMAS, A. *Meteorólogos en la niebla*.
<http://meteorologosenlaniebla.blogspot.com.es/>
- PALOMARES, M. *Breve Historia de la Meteorología* en el blog de AEMET.
http://www.aemet.es/documentos/es/conocenos/nuestra_historia/breve_historia_meteorologia.pdf
- REVE: *Revista eólica y del vehículo eléctrico*.
<http://www.evwind.com/>

Páginas web

<https://public.wmo.int/> Datos, campañas y noticias sobre predicción meteorológica, climática y recursos del agua de la **Organización Meteorológica Mundial**

http://www.who.int/topics/air_pollution/es/ Compendio de artículos, programas e información técnica sobre la contaminación del aire de la **Organización Mundial de la Salud**

https://www.ipcc.ch/report/ar5/index_es.shtml Quinto informe de evaluación del **Panel Intergubernamental de Cambio Climático**. Publicaciones del último informe y acceso a gráficos, material de divulgación y otras informaciones de utilidad sobre el cambio climático y el propio **IPCC**

<https://climate.nasa.gov/> Página de la **NASA** dedicada al seguimiento del actual calentamiento global y sus consecuencias. Datos actualizados, documentación y múltiples recursos gráficos relacionados con los asuntos del cambio climático

http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus Web del recién estrenado Copernicus: programa satelital de observación de la Tierra de la **Agencia Espacial Europea, ESA**

<http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/index.html> Información sobre los actuales y futuros satélites meteorológicos **METEOSAT** cuyo lema es «Monitorizando el tiempo y el clima desde el espacio»

www.aemet.es Página web de la española **Agencia Estatal de Meteorología**, donde, entre múltiples servicios de información y predicción meteorológica y climatológica, ofrece la posibilidad de acceder a los documentos digitalizados del servicio meteorológico nacional desde 1893 a través del *archivo documental* *Arcimís* en el link:
http://www.aemet.es/es/conocermas/archivo_documental_Arcimis

LA INFLUENCIA SILENCIOSA

Cómo el clima ha condicionado la historia

Roberto Brasero

Diseño de cubierta: © Juan Pablo Cambariere

Ilustraciones de interior: © Designua – Shutterstock; © Hoz; © Carles Salom; © Juan Antonio Bermejo; © Manuel Durán; © NOAA / NHC; © AEMET; © Familia Martín R.; © EFE; © Marta Marpel – Shutterstock; © Biblioteca Ambrosiana / De Agostini / Album; © Merche Portu – Getty Images; © Ignacio Icke – Wikipedia; © Album; © Atiger – Shutterstock; © Alicia Gutiérrez; © Alba Dueñas; ® Illustrated London News Ltd/Mary Evans/age; © Shutterstock; © NOAA; © GISS NASA; © NASA; © Nahorski Pavel / Shutterstock.

 CREATIVE COMMONS

© Roberto Brasero, 2017

© Espasa Libros, S. L. U., 2017

Avda. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)

www.espasa.com

www.planetadelibros.com

Primera edición en libro electrónico (epub): Junio de 2017

ISBN: 978-84-670-5038-7 (epub)

Conversión a libro electrónico: Safekat, S. L.